

Structure, architecture et remontées mécaniques en montagne :
Pour une contribution à l'expérience sensorielle du lieu

Essai (projet) soumis en vue de l'obtention du grade de M. Arch.

Amélie Turgeon

École d'architecture
Université Laval
2007

Structure, architecture et remontées mécaniques en montagne :

Pour une contribution à l'expérience sensorielle du lieu

Cet essai (projet) explore les différentes attitudes face au lieu pouvant être abordées en conception architecturale. Stimulé par le lieu et la nature du projet, l'essai (projet) propose que l'ensemble structural des remontées mécaniques au Massif de la Petite-Rivière St-François contribue à l'expérience sensorielle du lieu. L'attitude prise selon les formes et les forces du lieu permet de déterminer une implantation sensible, de qualifier les parcours et de concevoir une structure comme une extension du paysage topographique. Cet essai (projet) démontre également que l'aspect technique selon les lignes de force et les qualités de base d'une structure bonifie l'objectif recherché.

Membres du jury

André Potvin

François Dufaux

Jan Zwiejski

Adrian Sheppard

Rémi Morency

Table des matières :

Introduction	1
Expérience du lieu : remontées mécaniques du nouveau développement du massif de la Petite-Rivière St-François	1
Méthodes de recherche	4
Conception de structure	5
Acte créatif et attitudes face au lieu	7
Formes du paysage	8
Représentation et symbolisme	8
Forces naturelles du lieu	9
Utilisation des éléments naturels	10
La vérité structurale	10
Architecture tectonique : une architecture contextuelle	11
Dualité entre formes construite et naturelle : une dynamique de la structure	11
Hétérogénéité et contraste	12
Architecture contextuelle : détails, matériaux et formes	12
Technicité des structures et des remontées mécaniques comme sources de création architecturale	14
Technicité des structures	14
Qualités techniques des structures	14
Fonctionnement des remontées mécaniques	16
Étude de cas	16

Analyse du lieu en tant que formes et forces	21
Formes : caractéristiques du paysage	21
Forces naturelles du lieu	21
Projet de design	25
Enjeux et critères de design	26
Structure	26
Paysage	27
Parcours	28
Parcours architecturaux : implantation des remontées mécaniques	29
Dévoilement des formes et des forces : une architecture structurale	31
Mouvement continu paysagé	31
Matériau contextuel	32
Formes et lignes de forces	33
À l'image du mouvement : stabilité et instabilité	34
Interaction essai et projet	36
Conclusion	37
Références et bibliographie	38

Annexes

Annexe A : Type de remontées mécaniques

Annexe B : Mise en contexte de la montagne et du nouveau développement

Annexe C : Analyse du lieu selon ses formes

Annexe D : Analyse du lieu selon ses forces

Annexe E : Processus du choix d'implantation

Annexe F : Calcul structural et exploration avec le logiciel Dr. Frame3D

Annexe G : Comparaison de l'impact environnemental entre le bois et l'acier avec le logiciel Athena

Annexe H : Programme des stations

Annexe I : Planches présentées lors de la critique finale du projet

Liste des figures

- Figure 1 : Restaurant Bauschäuzli par Calatrava
- Figure 2 : Oriente Station, Lisbonne 1996
- Figure 3 : Machine à ombres
- Figure 4 : Delft Library
- Figure 5 : Delft Library
- Figure 6: Plan de la remontée mécanique Galzigbahn en Autriche
- Figure 7: Remontée mécanique Galzigbahn en Autriche
- Figure 8: Coupe de la remontée mécanique Galzigbahn en Autriche
- Figure 9: Plan de la remontée mécanique de Ramasse en France
- Figure 10: Remontée mécanique de Ramasse en France
- Figure 11: Solution efficace, inclinaison du pylône avec la résultante
- Figure 12: Solution non efficace, aucune inclinaison du pylône avec la résultante
- Figure 13 : Massif de la Petite-Rivière St-François
- Figure 14 : Massif de la Petite-Rivière St-François
- Figure 15 : Massif de la Petite-Rivière St-François
- Figure 16 : Massif de la Petite-Rivière St-François
- Figure 17: Plan du Massif de la Petite- Rivière St-François
- Figure 18: 3D du Massif de la Petite-Rivière St-François
- Figure 19: Image concept du mouvement continu
- Figure 20: Énergie total primaire consommée par le bois
- Figure 21: Énergie total primaire consommée par le acier
- Figure 22: Inclinaisons des cadres structuraux dues aux degrés des pentes de la montagne
- Figure 23: Élévations des cadres structuraux types
- Figure 24: Image concept, parcours en coupe
- Figure 25: Types d'appuis et élargissement du pied encastré

Introduction

Expérience du lieu : remontées mécaniques du nouveau développement du massif de la Petite-Rivière St-François

Le présent essai (projet) explore l'ensemble structural des remontées mécaniques en montagne comme contribution à l'expérience sensorielle du lieu. Les remontées mécaniques sont étudiées en tant que parcours architecturaux habités où l'on monte et descend la montagne, où l'on s'arrête, observe et saisit le lieu dans lequel la structure s'implante. Cet essai vise donc une compréhension du lieu comme source d'inspiration à la conception architecturale pour ainsi rendre sensible la structure.

La structure de tous bâtiments ou infrastructures tient un rôle primordial; elle soutient et fait partie de l'aspect constructif et technique de l'architecture. Par contre, comme le présente Annette LeCuyer (2001), la structure en tant que forme et matière peut jouer également un autre rôle très important, c'est-à-dire celui de faire partie intégrante du design dès le début du processus, pour ainsi rendre sensible l'ensemble structural. Outre sa fonction propre, c'est-à-dire celle de transfert de charges, la structure est présente pour contribuer à l'expérience du lieu. Pour un centre de ski, les remontées mécaniques sont d'une grande importance : elles structurent les activités du centre en permettant de gravir mécaniquement la montagne, sans oublier qu'elles marquent le paysage et conditionnent l'expérience du lieu de ceux qui les voient et de ceux qui les empruntent. De ce fait, la forme de la structure de la

remontée mécanique influence la perception par les sens, tant au niveau du confort thermique et auditif que de la perception visuelle.

Le domaine skiable du Massif de la Petite-Rivière St-François dans la région de Charlevoix prévoit un réaménagement de la montagne en vue d'un centre quatre-saisons. Plusieurs infrastructures sont envisagées à l'occasion de ce nouveau projet dont le développement de la montagne voisine, le mont à Liguori, avec l'ouverture de nouvelles pistes skiables comprenant de nouvelles remontées mécaniques. Le projet étudie le parcours avec l'ensemble structural des remontées mécaniques de cette montagne incluant les stations de départ (stations basses) et les stations d'arrivée (stations hautes). Ces parcours se présentent comme une visite dans un musée où les œuvres d'art sont les éléments naturels du lieu et où les éléments bâtis contribuent à la mise en valeur de ces œuvres d'art. Le projet s'engage donc dans une étude sensible du lieu, favorisant l'expérience des utilisateurs et adeptes d'activités en montagne.

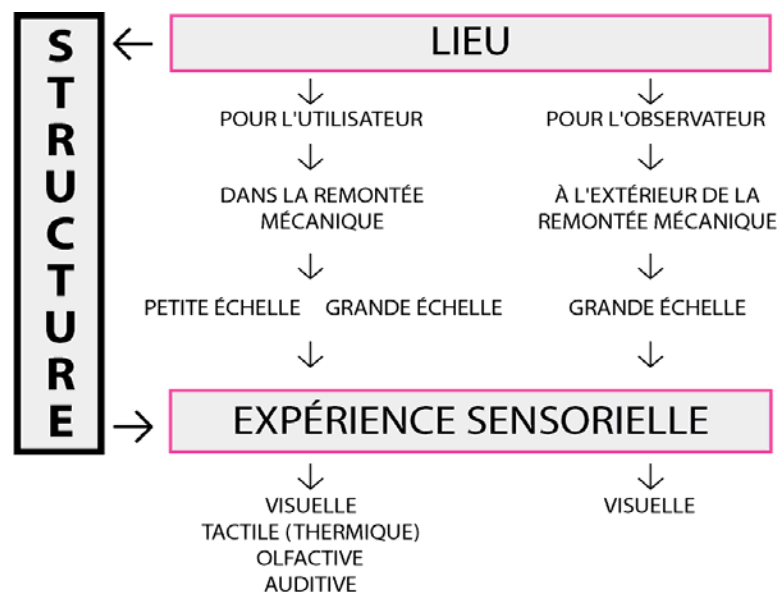
Pour ce faire, il est important de comprendre que la remontée mécanique peut être perçue de différentes manières dépendamment du point de vue de l'observateur et du parcours qu'il emprunte. Le changement de point de vue permet de percevoir la structure de différentes manières : de loin, de proche, en montant, en descendant, rapidement ou lentement. De manière générale, il existe deux échelles possibles d'expérience du lieu par la remontée mécanique : l'expérience sensorielle (visuelle) à grande échelle où l'observateur aperçoit la structure dans le paysage et l'expérience sensorielle à petite échelle où l'observateur – il serait plus juste de dire l'utilisateur – emprunte la structure des remontées mécaniques. Contrairement à l'expérience à grande échelle qui stimule principalement le sens de la vue, l'expérience à petite échelle fait participer tous les sens de l'utilisateur à l'expérience du lieu par la structure.

Pour l'**observateur**, l'implantation d'une nouvelle construction telles les remontées mécaniques a un grand impact dans le paysage. En Suisse, une loi sur la protection du paysage a été adoptée, il y a déjà très longtemps, concernant les remontées mécaniques en montagne. Chaque paysage a ses propres caractéristiques et celles-ci doivent être analysées à chaque nouvelle intervention pour une meilleure compréhension des projets à concevoir et un respect de la nature existante. Toutes ces caractéristiques peuvent prendre une place primordiale dans la conception, elles peuvent même être une source d'inspiration pour le projet. Dans une approche contextuelle, les caractéristiques du paysage déterminent

la forme de la structure, et avec une sensibilité, la structure met en valeur ces caractéristiques contribuant ainsi l'expérience du lieu.

Pour l'**utilisateur**, la remontée mécanique est primordiale dans l'appréciation d'une journée en montagne. Sans ce mode de déplacement, le nombre de descentes en ski serait réduit considérablement. Dans une journée type au Massif de la Petite-Rivière St-François, un skieur ou un planchiste passe plus du tiers de sa journée dans les remontées mécaniques. Pour certains usagers, l'expérience d'un centre de ski sans remontées mécaniques ne peut être envisagée. Plus encore, un centre de ski dont les remontées mécaniques n'assurent pas un confort thermique satisfaisant voit son achalandage réduit. Selon un rapport d'étude fait en mars 2000 sur le Massif de la Petite Rivière St-François, les infrastructures de la station sont un facteur important d'appréciation de la montagne. Avec l'importance accordée à la remontée mécanique, les parcours étudiés doivent être abordés de manière expérientielle afin de donner l'opportunité aux utilisateurs d'apprécier et de découvrir les splendeurs du lieu.

Voici en résumé et de manière plus schématique, le concept des deux échelles d'expérience sensorielle du lieu :



Méthodes de recherche

Avant de procéder au projet de design, la méthode de recherche pour cet essai (projet) consiste en trois études distinctes :

La première étude est la *recension des écrits* pour en dégager le cadre conceptuel du projet. Elle permettra de :

- Dégager des notions sur la philosophie et l'art de la conception des structures;
- Réinterpréter des attitudes possibles face au contexte;
- Comprendre la structure comme porteuse de l'expérience sensorielle du lieu.

La deuxième étude s'attardera sur une *analyse technique et fonctionnelle* des structures et remontées mécaniques pour ensuite *analyser plus précisément certains cas* de remontées mécaniques existantes. Ceci permettra de :

- Connaître les qualités techniques générales d'une structure à la base de la conception structurale;
- Connaître le fonctionnement général des remontées mécaniques;
- Mettre en relation la présente étude avec d'autres cas semblables aux niveaux programmatique, typologique et structural.

La dernière étude consiste en une *analyse du lieu* détaillée sous les bases des formes et des forces du lieu abordées dans la recension des écrits. Elle permettra d'en apprendre davantage sur :

- Les formes concrètes du paysage et forces naturelles du Massif de la Petite-Rivière St-François.

Conception de structure

« Structure » provient de « struere » qui signifie assembler, mettre en ordre (Fontein, 2000). En d'autres termes, la structure est un assemblage d'éléments appelés également composantes. En architecture, le mot structure est un système permettant le transfert de charges appliquées au bâtiment jusqu'au sol où celles-ci s'équilibrent. Ces définitions amènent une dimension uniquement technique à la conception de structure.

D'un autre point de vue, la conception de structure « *is concerned with much more than science and techniques: it is also very much concerned with art, common sense, sentiment, aptitude, and enjoyment of the task of creating...* » Torroja (1967; 1). Dans cette citation, la structure est vue comme le résultat d'un acte sensé de création en lien avec l'art et les sentiments. Par le fait même, à travers la structure, nous pouvons saisir l'imagination ainsi que les connaissances de la personne qui l'a conçue. Vue sous cet aspect, la structure est expressive, elle essaie de nous signifier quelque chose. Par un acte créatif, la structure peut révéler certains aspects connus du lieu. « *The structural frame establishes the site wherein or rather through which, the world may be understood anew.* » Fontein (2000; 54) La structure peut en quelque sorte permettre une meilleure compréhension du lieu dans lequel elle est construite; elle favorise donc l'expérience.

Dans les années 60, la conception de structure a fait l'objet d'une approche philosophique qui a été explorée par plusieurs architectes et ingénieurs tels que Nervi (1965), Torroja (1967) et plus récemment Holgate (1986). Ce dernier a exploré l'art de la conception de structure comme étant un processus disposant des matériaux en trois dimensions pour satisfaire des buts esthétiques et techniques bien définis, dans un contexte donné, et ce, le plus efficacement possible. Ici, le design de structure est considéré, non seulement par la science et la technique, mais il est également abordé en rapport à nos sens et à la sensibilité du lieu. D'après Holgate (1986), pour ce faire, il est nécessaire de comprendre les fonctions et l'efficacité de la structure, non seulement avec une considération scientifique, mais également de manière philosophique, c'est-à-dire en tant que forme et nature de la structure. Selon Nervi (1965), la conception de structure débute tout d'abord, en ayant une considération intuitive pour le matériel et la méthode de construction pour mieux l'adapter au résultat final et à son environnement. C'est seulement par la suite, que l'on peut utiliser le calcul, avec des formules mathématiques, pour valider l'efficacité technique. L'aspect esthétique de la conception de structure est donc un facteur essentiel et fondamentalement important.

En conséquence, la conception de structure ne peut être considérée seulement pour son esthétique, car son aspect technique est à l'origine de son existence. Malgré tout, son esthétique doit, dans tous les cas, être envisagée et regardée séparément car celle-ci prend place dans une direction plus abstraite (Torroja, 1967). L'art de la structure procure plus qu'une simple satisfaction esthétique; elle partage les qualités d'une expérience émotionnelle et sensorielle avec son contexte, avec le lieu. Comme tout bâtiment, la structure s'élève dans un contexte très précis sur un site déterminé. Selon, Holgate (1986), la forme de la structure doit prendre en compte les limites et les opportunités offertes par les particularités du site. Selon Charleson (2005), la lecture et la compréhension de la structure dans l'espace peuvent enrichir son contexte. Le contexte est donc un facteur important pour déterminer la forme et l'esthétique d'une structure. En premier lieu, la structure est analysée comme acte créatif et esthétique relié à l'attitude architecturale que l'on peut adopter face au lieu. En deuxième lieu, la structure est analysée pour comprendre les technicités et les qualités des structures, tant de manière générale que dans la fonctionnalité des remontées mécaniques.

Acte créatif et attitudes face au lieu

Selon Frampton (1995), il existe en conception architecturale deux attitudes importantes pouvant être adoptées face au contexte. La **première attitude** est le mimétisme, l'imitation organique et le dévoilement de la complexité du contexte se référant à la dimension visible des formes du paysage. Par exemple, dans un contexte naturel, cette attitude peut faire référence à la structure comme métaphore à la nature. Plusieurs architectes, dont Santiago Calatrava, ont exploré la structure en tant que métaphore à l'arbre ou la forêt. Cette relation au contexte se construit donc au premier degré d'analyse du lieu, c'est-à-dire qu'il fait seulement référence au sens de la vue. La **seconde attitude** est plutôt l'évaluation des relations physiques, la définition formelle et l'intériorisation de la complexité du contexte. Dans ce cas-ci, le contexte n'est pas seulement visuellement important. Par exemple, le vent, invisible au premier abord, peut être filtré, bloqué par la structure; cette attitude met donc en relation les forces naturelles du lieu avec les éléments construits. L'évaluation des relations physiques possibles du contexte prend alors toute son importance, car tous ces éléments du lieu, tant bâtis que naturels, visibles ou invisibles, doivent être considérés, et ainsi, intérioriser les forces du lieu à travers la structure.

Dans ces deux attitudes, l'architecture et son contexte sont intimement liés et ne peuvent être séparés. L'implantation d'une structure dans la nature peut permettre la reconnaissance du lieu, si celle-ci, prend au premier abord, la considération de son contexte. En premier lieu, les deux attitudes possibles face au contexte, présentées par Frampton, sont abordées sous

l'aspect des formes du paysage, et en deuxième lieu, sous l'aspect des forces du lieu tout en poursuivant avec la tectonique présentant une architecture contextuelle.

Formes du paysage

Chaque lieu a son propre paysage avec ses formes spécifiques, ses couleurs dominantes parfois changeantes dans le temps et avec les saisons. Pour la présente étude, la définition du paysage visible et symbolique sera utilisée. Selon cette définition, le paysage est le résultat d'une expérience sensorielle individuelle d'un espace géographique délimité par le champ de vision. Le paysage n'existe pas sans observateurs et il y a autant de paysages en un même point de vue qu'il y a d'observateurs. Les éléments visibles du lieu sont donc les éléments du paysage à considérer.

En conception de structure, les attitudes face aux formes du paysage sont présentes, soit par mimétisme, soit par contraste, avec tous les degrés d'extériorisation possibles pour expliciter les formes du paysage. L'attitude de contraste est la plus souvent explorée à grande échelle, c'est-à-dire que ce sont les grandes lignes de la forme du paysage qui sont utilisées. Par exemple, si le paysage est d'une grande horizontalité, le concepteur peut choisir d'utiliser la verticalité de la structure en contraste avec le paysage. Le choix des matériaux peut également être fait par contraste au paysage. Ci-après, l'attitude par mimétisme de la forme est développée plus précisément sous le thème de la représentation et du symbolisme.

Représentation et symbolisme :

Plusieurs architectes ont exploré l'avenue de la représentation et du symbolisme de la structure. Selon Andrew W. Charleson (2005), la structure enrichit le lieu lorsque sa forme et ses détails structuraux contribuent à la signification de l'espace par leur qualité de représentation et de symbolisme. Cette avenue cherche à enrichir la priorité donnée au lieu par la considération de la structure, non pas par la révélation de la technique de construction, mais par la poésie possible de la forme. L'élément construit est donc une expérience journalière pour l'observateur.

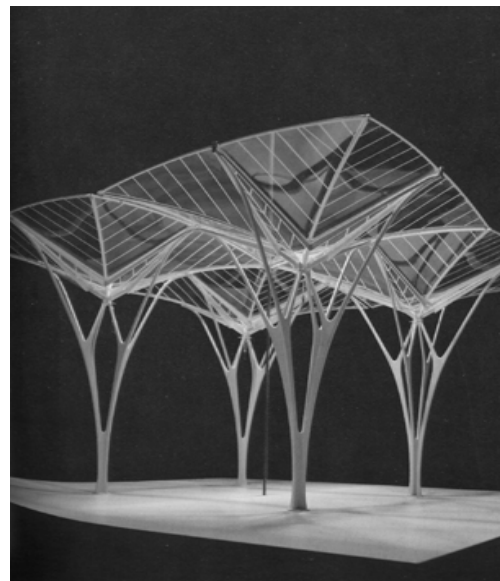


Figure 1: Restaurant Bauschänzli par Calatrava
Source: Santiago Calatrava

La représentation, qui est par définition le fait de rendre sensible quelque chose, souscrit la structure en une relation étroite avec l'élément représenté. La qualité de représentation d'une structure comporte plusieurs niveaux de compréhension; certaines structures sont universellement reconnues, d'autres non. L'aspect symbolique d'une structure est habituellement plus facile à être compris. Comme pour la lecture générale d'une structure, l'aspect représentatif et symbolique fait référence à l'imaginaire, au passé et à la connaissance propre des personnes.

Dans plusieurs cas, c'est le symbolisme et la représentation de la nature qui sont exploités. Le plus souvent, les thèmes des arbres et de la forêt sont utilisés pour la forme des structures, permettant à celles-ci d'être d'une plus grande hauteur tout en minimisant l'empreinte au sol. Santiago Calatrava a employé la représentation de la forêt et de l'arbre plusieurs fois. Pour le restaurant de Bauschänzli, Calatrava a proposé d'implanter parmi les arbres naturels neuf structures de métal symbolisant l'arbre. (Voir figure 1) Il en est de même pour l'Oriente Station à Lisbonne, où il a multiplié plusieurs fois la métaphore de l'arbre pour en faire une forêt complète. (Voir figure 2)



Figure 2: Oriente Station, Lisbonne 1996
Source: Architecture + design forum

Forces naturelles du lieu

Du point de vue de l'utilisateur de la remontée mécanique, les forces naturelles du site ont un grand impact sur l'expérience du lieu. Par exemple, le soleil caché par la montagne, les différentes vitesses du vent et la neige poussée par ce vent influencent les perceptions de l'utilisateur. Grâce à l'exploration du lieu, selon une évaluation des forces naturelles de manière qualitative et quantitative, la structure peut être conçue de manière à intérioriser les forces du contexte. En utilisant les possibilités multiples des éléments physiques du site, tout en affirmant la vérité structurale par rapport aux forces naturelles, la structure des remontées mécaniques permet de faire vivre à l'utilisateur, parfois de manière sous-entendue, une expérience du lieu qui ne pourrait être possible sans la structure.

Utilisation des éléments physiques naturels

À l'exemple de l'architecture écologique ou environnementale qui utilise les éléments naturels tels que le vent et le soleil pour favoriser le confort des occupants, la structure peut, elle aussi, prendre ces éléments en considération pour sa fonction technique. Plus qu'une simple notion de confort ou de technique, l'utilisation des éléments naturels apporte une notion de temps et fait rendre compte aux utilisateurs le contexte qui les entoure. Par exemple, la structure peut matérialiser les choses invisibles du lieu. On peut ressentir le vent sans pouvoir le voir, par contre l'accumulation de neige matérialise le vent dû à la forme de la structure. « *Le neige est l'ombre du vent* » Potvin (2006). Il en est de même pour le soleil; les rayons du soleil peuvent être ressentis par le toucher sans être vus. C'est seulement avec les ombres formées par la rencontre des rayons avec une quelconque barrière que les rayons du soleil se matérialisent et font rendre compte de la notion de temps et par le fait même du lieu.

Les machines à ombres de Calatrava (Voir figure 3) jouent avec les forces, initialement non visibles du lieu, pour les rendre visibles. Ce sont des structures dynamiques composées de minces doigts de béton, qui en mouvement, font bouger les ombres projetées au sol. Elles suggèrent qu'on peut adapter la forme de la structure à son environnement et prendre en compte le contexte en changement. Ici, le lieu est exprimé par l'intériorisation des rayons du soleil.



Figure 3: Machine à ombres
Source: Santiago Calatrava

Vérité structurale

Il n'y a pas que le vent et le soleil qui peuvent influencer la forme de la structure. La force du sol en relation avec sa topographie exerce également son influence. En conception de structure, on utilise la force du sol comme base structurale, ce qui nous ramène à la définition technique de départ qui présente la structure comme « *un système permettant le transfert des différentes forces appliquées au bâtiment jusqu'au sol où elles s'équilibrent.* ». Le sol est donc l'élément naturel essentiel à la conception de structure; la structure est en quelque sorte l'extension du sol. Selon Holgate (1986), la forme

de la structure est influencée d'une part par la topographie et par le type de sol, d'autre part, par tous les types de forces provenant du contexte extérieur. Pour que toutes ces forces soient explicitées avec la structure, celle-ci doit exprimer une vérité structurale. C'est par cette vérité structurale que les forces réelles seront mises en évidence et que les utilisateurs pourront comprendre l'essence même du lieu. Selon Torroja (1967), la vérité constitue l'esthétique de la structure, c'est donc elle qui dicte sa forme. D'après lui, cette forme est assurément esthétique si elle dévoile la vérité du lieu. « *The primary essence of beauty is the perfect correlation between the real nature and the apparent form of the work.* » Torroja (1967). La structure n'a pas de style et ne doit pas être exagérée, elle doit tout simplement exister pour sa raison propre en symbiose avec les forces réelles du lieu.

Cela implique que chacune des composantes de la structure soient dictées par la vérité des forces. La forme de chaque élément doit donc être décidée en fonction des forces réelles. L'épaisseur des éléments peut donc être variable en fonction de leur emplacement et des forces qui s'exercent dessus. C'est ce que Torroja (1967) appelle la « quatrième dimension ». D'après lui, c'est la qualité de cette quatrième dimension – l'épaisseur – qui peut à elle seule donner vie à l'architecture. Il est donc important que la structure soit honnête dans sa relation avec le contexte ainsi qu'avec les objectifs bien définis que la structure doit atteindre.

Architecture tectonique : une architecture contextuelle

Le terme tectonique signifie la fusion entre la technique et l'art, entre la construction et la poétique (Le Cuyet, 2001). La culture tectonique explore les relations possibles avec le lieu. De nos jours, la tectonique représente un type d'architecture qui utilise le contexte comme attribut à l'architecture. Cette architecture n'est donc pas un style, mais une sensibilité au contexte. La structure de la culture tectonique est conçue comme un objet superposé au terrain comme si elle prenait naissance dans le sol. C'est en quelque sorte une extension du sol qui amplifie la topographie du terrain. Avec des exemples concrets de bâtiments et de structures, différentes attitudes et prises de position de la part de quelques architectes face au contexte seront explicitées.

Dualité entre formes construite et naturelle : une dynamique de la structure

L'architecture de la culture tectonique brouille parfois les limites entre la forme du bâtiment et de la structure avec le site. Par exemple, l'architecte *Enric Miralles*, explore un langage qui fusionne la forme du paysage avec celle du bâtiment. Ses conceptions sont souvent sous le thème de la dualité entre l'espace construit (framework) et l'espace vierge de la terre

(earthwork). Dépendamment des ouvrages, ces concepts sont employés seuls ou ensemble. Avec la confrontation des deux concepts, *Mirailles* se préoccupe du mouvement et du sens de la dynamique de la structure plutôt que de l'idée de statique. L'état de « l'équilibre périlleux » comme le mentionne Annette Le Cuyer (2001) est exploré dans plusieurs de ses projets. Ce type d'architecture se veut largement contextuel relevant les énergies invisibles du lieu et l'aspect dynamique de son utilisation.

Hétérogénéité et contraste

Le travail de *Patkau architects* est concentré sur le développement de l'hétérogénéité causée par les particularités du contexte. Son travail est caractérisé par la recherche d'un potentiel du lieu pouvant générer quelque chose d'unique. Le potentiel recherché est souvent à travers la topographie dominante. Certains projets de *Patkau* explorent le contraste entre le rationnel et la topographie, entre l'orthogonal et la forme du site. De plus, la structure et les détails sont conçus par rapport à la nature et au climat contextuels. En résumé, *Patkau* parcourt l'opposition et la réconciliation entre l'objectif et le subjectif entre le rationnel et la topographie, le tout, du général au particulier.

Architecture contextuelle : détails, matériaux et formes

L'architecture contextuelle est explorée à toutes les échelles tant dans les moindres détails que dans la forme générale. Par exemple, l'architecture de *Güter Behnisch* explore ce qu'il appelle une « architecture de situation ». Chaque détail du bâtiment ou de la structure est conçu en unique référence à son emplacement, aux conditions du lieu et à son rôle. Par le fait même, une nouvelle synergie est apparue, c'est-à-dire celle entre le bâtiment et le site.

Mecanoo emploie les termes de « conversation avec la situation » où il appuie que l'architecture est en réponse avec la condition spécifique de chaque projet ainsi qu'avec les changements et les configurations de la vie humaine. Les matériaux sont utilisés, en premier lieu, pour distinguer et clarifier les relations contextuelles différentes. Donc, l'utilisation de matériaux hétérogènes provient d'une considération du contexte. En second lieu, les matériaux sont présents pour augmenter



Figure 4: Delft Library
Source: <http://blog.livedoor.jp>

l'expérience corporelle. Dans plusieurs projets de *Macanoo*, le rude et le doux, le simple et le complexe sont exploités comme contraste et variété des atmosphères. Dans le projet de « Delft Library » (Voir figures 4 et 5), la forme bâtie et le terrain sont intégrés dans un seul système révélant le paysage et établissant un nouveau contexte pour les bâtiments adjacents. Les composantes structurales sont utilisées pour augmenter l'aspect dynamique de l'espace. *Mecanoo* utilise des



Figure 5 : Delft Library
Source : <http://www.galinsky.com>

techniques innovatrices au profit de l'expérience sensorielle provenant des formes, des matériaux et des détails. En conclusion, la fusion entre le paysage, les formes bâties et les matériaux génère un langage tectonique permettant une expérience du lieu.

Technicité des structures et des remontées mécaniques comme sources de création architecturale

Technicité des structures

L'approche technique de la conception d'une structure doit être comprise de manière générale afin de guider le processus créatif. On aborde trop souvent la question de la conception de structure d'un point de vue purement rationnel avec multiples précisions mathématiques en omettant les fondements même d'une structure. Par exemple, selon Nervi (1965), la supposition sur laquelle on appuie le calcul de structure - matériel isotrope¹ et parfaitement élastique² - est incorrect, car nous savons très bien qu'aucun matériel avec son lot d'imperfections ne conserve à travers le temps ses caractéristiques d'origine. Après une certaine période, la structure se détériore et devient instable, ou du moins, présente des déplacements considérables. « *In other words, theory of structures may be compared to the physiology of perfect organisms, which are permanently youthful and untouched by disease or functional deficiencies.* » Nervi, (1965). La fonction technique de la structure, à la base de la conception, doit donc être considérée avec méfiance, car un trop grand nombre de suppositions entrent en ligne de compte. Ce sont plutôt les qualités techniques générales d'une structure qui sont à l'origine de la conception structurale pour ainsi exprimer ces qualités à travers la forme de la structure.

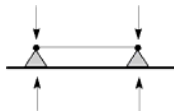
¹ Un matériau est dit isotrope si ses propriétés mécaniques sont identiques dans toutes les directions.

² La limite d'élasticité est la [contrainte](#) à partir de laquelle un matériau commence à se déformer de manière irréversible. Les déformations subies restent permanentes.

Qualités techniques des structures

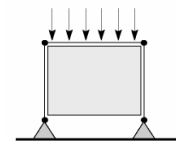
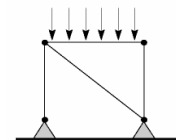
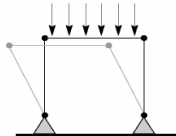
Selon Torroja (1967) et Macdonald (2001), l'aspect technique se divise en trois thèmes : l'équilibre, la stabilité et la résistance. Ceux-ci doivent être considérés dans la conception de structure tant au niveau de l'ensemble structural qu'au niveau de chaque composante de la structure. Par des définitions et des faits simples, des thèmes seront clarifiés pour ainsi comprendre par la suite le processus créatif de la conception de structure.

L'équilibre :



L'équilibre signifie un état d'un élément qui est soumis à des charges opposées et égales. En d'autres termes, pour qu'une structure soit en équilibre, les forces qui agissent sur elle doivent être elles-mêmes en équilibre. Ces forces doivent être de même intensité et doivent agir dans la même direction mais en sens opposé. En dernier lieu, elles doivent agir sur la même ligne d'action. Dans le cas où les forces ne sont pas dans la même ligne d'action, les éléments structuraux devront résister à des efforts de torsion³. Pour qu'une structure soit la plus efficace possible, sa forme doit correspondre à la résultante des forces⁴ engendrées sur la structure. Évidemment, dans le cas d'une structure complexe où les forces se déplacent, à l'exemple d'une remontée mécanique en montagne, l'équilibre doit tenir compte de tous les poids générés sur la structure et ceci dans toutes les directions possibles. Différents cas de charges⁵ seront donc à considérer.

La stabilité :



La stabilité est la propriété d'une structure qui lui permet de maintenir sa géométrie. Elle se présente comme un groupe d'éléments agissant ensemble pour résister aux charges. Une structure peut donc être en équilibre, car les conditions d'équilibre sont respectées, mais être instable étant donné sa géométrie critique. La stabilité est donc beaucoup plus en lien avec la forme et la disposition des éléments qui composent la structure qu'avec les forces actives. Par exemple, une structure de forme rectangulaire est instable. Pour la rendre stable, nous devons changer la nature des joints structuraux. Ceci est possible soit en procédant à la

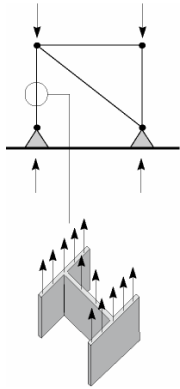
³ La torsion est la déformation subie par un corps soumis à l'action de deux couples opposés agissant dans des plans parallèles. Encyclopédie scientifique en ligne (www.techno-science.net)

⁴ La résultante des forces est égale à toutes les forces agissant sur un corps, elle est donc une force unique ayant les mêmes effets sur ce corps que les forces composantes agissant simultanément.

⁵ Un cas de charge est l'une des possibilités de charges pouvant s'exercer sur un corps. Il existe souvent plusieurs cas de charges pour un même objet d'étude structurale.

triangulation⁶ de la structure, soit en utilisant un diaphragme rigide à l'intérieur du rectangle.

La résistance :



Les forces exercées sur une structure génèrent des forces intérieures aux éléments de la structure. Chaque matériel possède une résistance aux forces de diverses natures. Pour que la résistance soit adéquate, il faut s'assurer que le niveau de stress des éléments, dans sa plus grande intensité, reste dans la limite acceptable. Le calcul de structure avec des logiciels adéquats et des documents de références sur la résistance des matériaux est une bonne procédure pour vérifier la résistance de chaque élément de la structure.

L'ensemble structural des remontées mécaniques n'échappe pas à la règle, il doit respecter les trois qualités énoncées. De plus, certaines complexités techniques sur leur fonctionnement doivent être comprises avant d'entamer le processus de création.

Fonctionnement des remontées mécaniques

Les remontées mécaniques sont des structures à câbles tendus supportés par des pylônes, le plus souvent en tubulaire d'acier. Le ou les câbles supportent et tirent des véhicules qui sont accrochés par des pinces fixes ou débrayables. La station basse et la station haute sont les endroits où le câble change de direction et s'inverse. Une des deux stations joue le rôle de station motrice, c'est-à-dire où le moteur se situe et tire le câble, l'autre station est la station en tension où le câble est retenu et ancré. On distingue six types de remontées mécaniques qui se différencient selon leur type de véhicules et leur fonctionnement mécanique. (Voir annexe A) Pour la présente étude, le fonctionnement de la télécabine avec des véhicules pouvant contenir six personnes sera utilisé à des fins de calculs.

Études de cas

Afin de mieux comprendre le sujet en question, il est important de mettre en relation la présente étude avec d'autres projets existants de manière programmatique, typologique et structurale. Ceci permettra de qualifier et de quantifier les réels besoins du nouveau développement.

⁶ La triangulation d'une structure consiste à ajouter des éléments structuraux afin de former des triangles et permet la stabilité de l'ensemble structural.

Programmatique :

De manière fonctionnelle, la station basse d'une remontée mécanique consiste en une zone d'attente et une zone d'embarquement; la station haute comprend une zone de débarquement. Les deux stations doivent avoir un grand espace pour la mécanique même si seulement une des stations abrite le moteur. Certains espaces peuvent s'ajouter à ceux énumérés dépendamment de leur emplacement et des services nécessaires à offrir aux utilisateurs.

Dans le cas de la remontée mécanique Galzigbahn à St-Anton en Autriche qui a été conçu par Georg Driendl en 2006, plusieurs autres services à la station basse sont offerts aux utilisateurs et aux employés. En plus, des zones d'attente et d'embarquement s'ajoutent en sous-sol une billetterie pour les utilisateurs et des locaux pour employés.

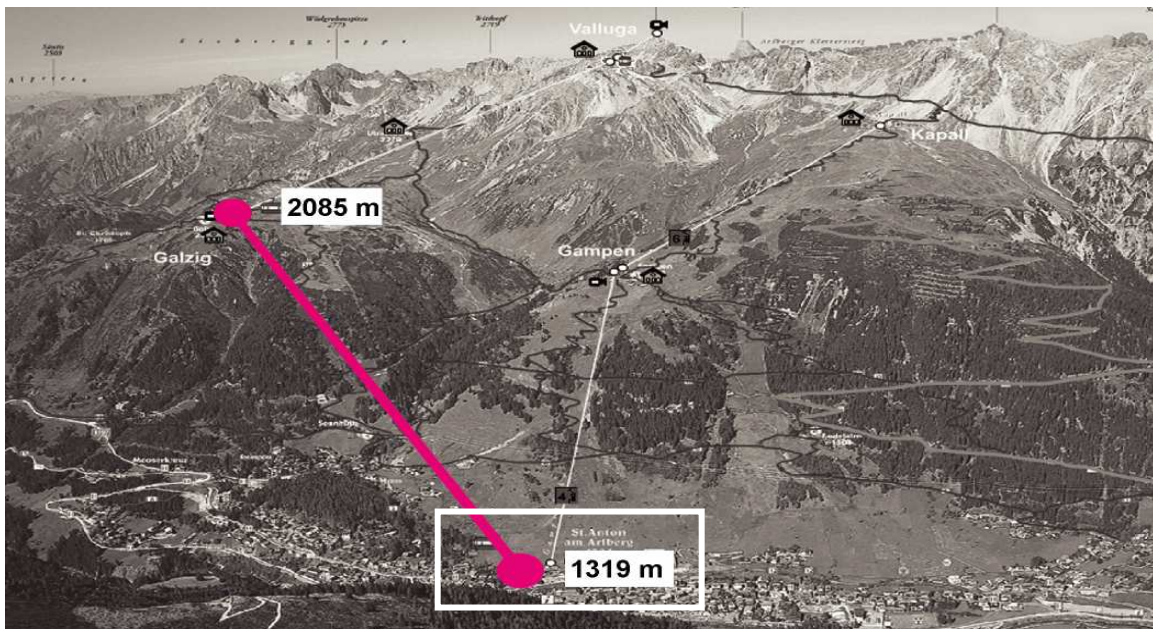


Figure 6: Plan de la remontée mécanique Galzigbahn en Autriche
Source : <http://www.remontees-mecaniques.net/>

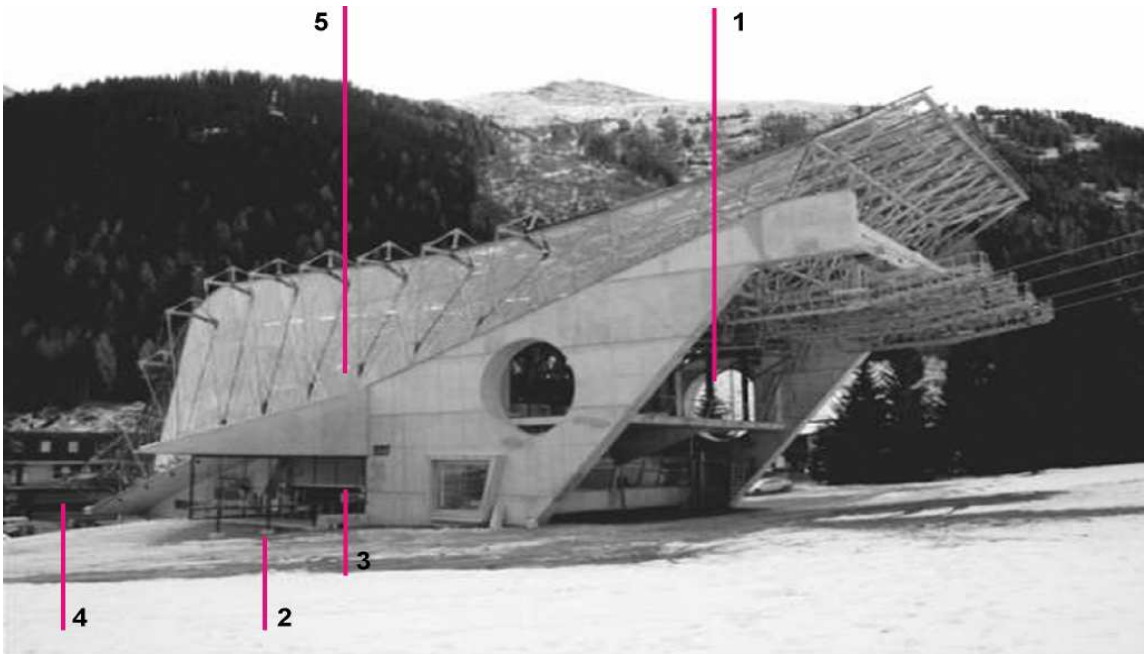


Figure 7: Remontée mécanique Galzigbahn en Autriche
Source : <http://www.remontees-mecaniques.net/>

Le béton joue le rôle d'ancrage et permet d'utiliser les espaces disponibles en sous-sol formés par les fondations. Par l'exploration structurale de l'ancrage, l'expérience du lieu en est enrichie.

Légende :

1. arrivée des véhicules
2. zone d'attente
3. zone d'embarquement
4. billetterie
5. espace des poulies
6. salle d'employés
7. circulation verticale



Figure 8: Coupe de la remontée mécanique Galzigbahn en Autriche
Source : <http://www.remontees-mecaniques.net/>

Typologie :

La remontée mécanique Ramasse à Val Cenis en France par Doppelmayr représente plus ou moins le dénivelé et la longueur de la ligne du nouveau développement du mont à Liguori.

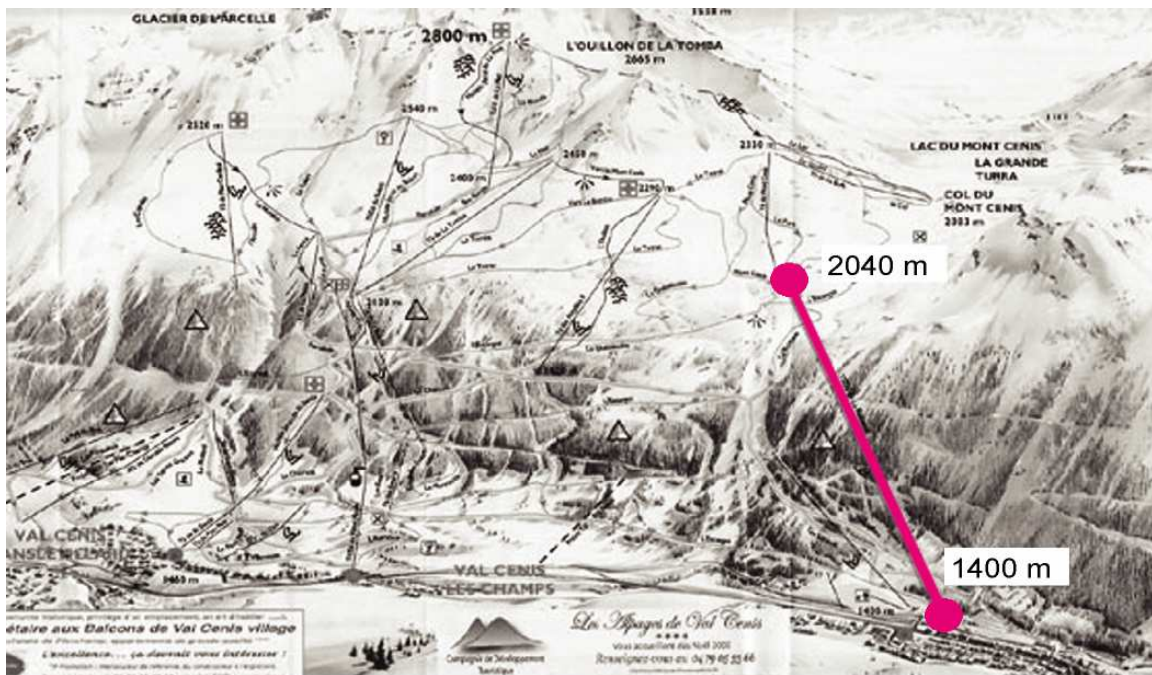


Figure 9: Plan de la remontée mécanique de Ramasse en France

Source : <http://www.remontees-mecaniques.net/>

La structure de la remontée consiste en 22 pylônes d'acier représentant en moyenne 1 pylône à chaque 100 mètres. Les véhicules de 6 passagers sont distancés de 54 mètres, ce qui est considérable dans le calcul des charges exercées sur la structure. Voici en résumé, quelques données importantes pouvant être reprises pour la présente étude :

Longueur suivant la ligne : 2324 mètres

Longueur horizontale : 2171 mètres

Dénivelé : 640 mètres

Capacité des véhicules : 6 places

Vitesse en ligne : 5 mètres par seconde

Débit provisoire (d. p.) : 2100 skieurs par heure

Espacement entre les véhicules: 54 mètres

Nombre de véhicules : 91

Nombre de pylônes sur la ligne : 22

Type de couverture : Couverture en bois

Emplacement de la station motrice : Amont

Emplacement de la station de tension : Aval

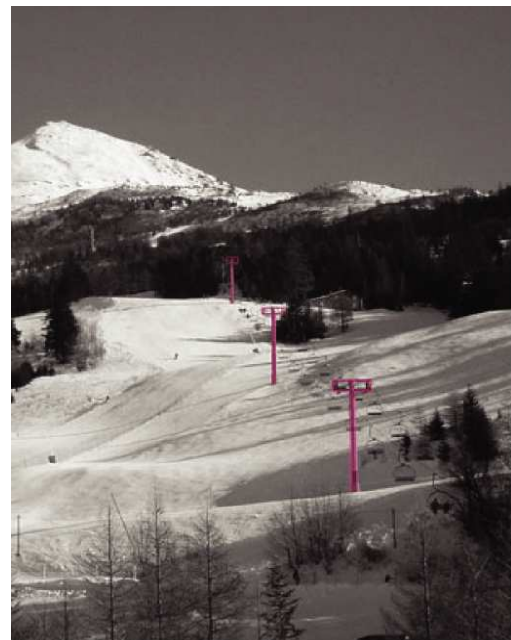


Figure 10: Remontée mécanique de Ramasse en France

Source : <http://www.remontees-mecaniques.net/>

Structurale :

Les pylônes qui sont habituellement en acier doivent pouvoir résister à des charges en tension et en compression dépendamment de la pente du terrain. Un pylône peut atteindre 20 mètres de hauteur. Cependant, plus le pylône est haut, plus l'épaisseur et le diamètre du pylône seront grands, donc plus d'acier, plus lourd et plus difficile à transporter.

De façon générale et de manière à être efficace structuralement, « on incline les pylônes de façon à ce que la résultante des forces s'exerçant sur le pylône soit toujours dans l'axe du fût du pylône. » (www.remontées-mécaniques.net, 2007) De ce fait, l'inclinaison du pylône se rapproche très souvent de la perpendiculaire à la pente étant donné le fait que les câbles suivent la pente du terrain. (Voir figures 11 et 12)

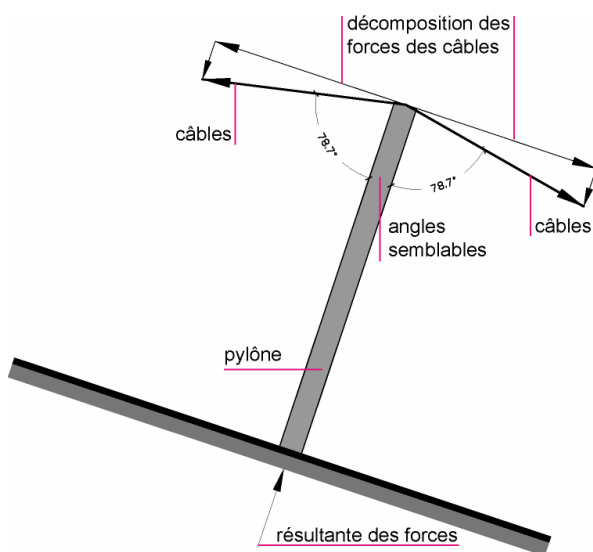


Figure 11: Solution efficace,
Inclinaison du pylône avec la résultante
Source Amélie Turgeon, 2007

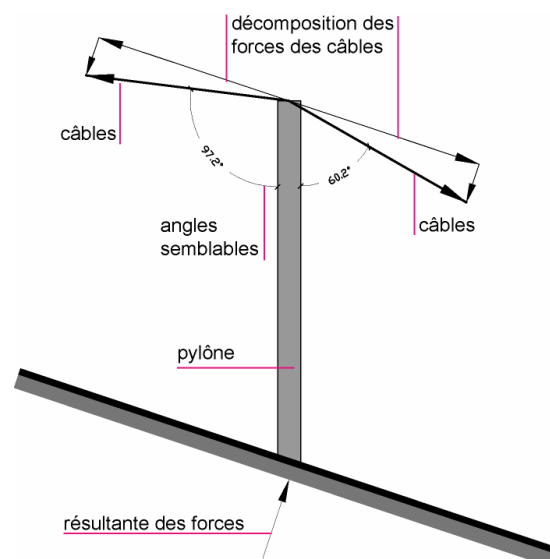


Figure 12: Solution non efficace,
Aucune inclinaison du pylône avec la résultante
Source Amélie Turgeon, 2007

Analyse du lieu en tant que formes et forces

Pour récolter des résultats concluant à la présente recherche, il est primordial de bien comprendre le lieu d'intervention. Après avoir effectué une mise en contexte de la montagne et du nouveau développement (voir annexe B), il est important de procéder à une analyse du lieu à deux niveaux. Le premier niveau consiste en une analyse paysagère inspirée des travaux de Ian L. McHarg (1980) qui se situe au pôle objectif du paysage suggérant des critères qui dépendent des formes concrètes du paysage. Le deuxième niveau sera une analyse des forces naturelles du lieu telles que le soleil et le vent, et ce, à l'aide de cartes, de données météorologiques et d'une modélisation 3D. (Voir annexe C et D)

Formes : caractéristiques du paysage

L'analyse paysagère se réfère à la définition visuelle et symbolique du paysage énoncée ci-dessus. En ce qui concerne le projet, la méthode proposée par McHarg (1980) a été réinterprétée pour en faire ressortir les formes concrètes du paysage qui prendront une part prépondérante dans l'évaluation. Ainsi, elle considère avant tout que la perception des formes, des couleurs, des textures et des ambiances est immédiate. Nous retrouvons donc

dans ce type d'analyse du paysage, l'héritage de la Gestalt-théorie⁷ selon laquelle chaque forme a une valeur qui lui est propre. Les critères d'analyse sont donc :

Critères d'analyse :

- Climatologie (considérée dans l'analyse des forces naturelles, mais reprise dans cette analyse, pour les couleurs, les saisons et les ambiances)

Avec la présence d'arbres feuillus, les ambiances et les couleurs du paysage en été, en hiver et en automne changent beaucoup. De plus, la neige en hiver qui recouvre le paysage fait disparaître certains détails tels que les petits ruisseaux, la végétation dans les pistes de ski et le gneiss (composition du sol) qui transperce la surface du sol en été.

- Topographie

La plupart des gradients de pente se situent entre 15 % et 40 %. Près du plus haut sommet du mont à Liguori, les pentes sont entre 40 % et 80 %. L'extrême haut et l'extrême bas de la montagne sont quasi plats avec des pentes de moins de 8 %.

- Cours d'eau et rivages

Trois cours d'eau traversent le site dont deux longent le nouveau développement : la rivière St-Francois et le ruisseau Grande-Pointe. À l'est de la montagne, le majestueux fleuve St-Laurent prend une place importante dans le paysage du centre de ski.

- Végétation

La végétation est quelque peu différente entre le bas et le haut de la montagne. En bas, on retrouve une majorité de bouleaux jaunes tandis qu'en haut, on peut observer une forêt d'épinettes noires parsemée de bouleaux blancs. Tout en haut du mont à Liguori, plusieurs arbres morts sont présents à cause d'une épidémie de tordeuses de bourgeons qui a détruit les arbres en 1970.

⁷ La « Gestalt-théorie » est la théorie de la forme où le mot « gestalt » est le résultat d'une mise en forme structurée et complète qui a un sens pour nous tous.

- Éléments particuliers (voies, chemins de fer, lignes électriques et bâti)

Le village de la Petite-Rivière St-François se situe en bas de la montagne tout près du fleuve. Un chemin de fer longe le fleuve et marque le paysage du village. En haut de la montagne, les seuls éléments visuellement marquants sont les deux lignes électriques qui traversent la cime des arbres.

- Vues sur la montagne et vues à partir de la montagne

Les vues sur la montagne et à partir de la montagne sont toutes aussi surprenantes dépendamment d'où l'observateur se situe. Certains éléments sont plus marquants que d'autres : la relation du fleuve avec la montagne, la vue sur l'autre sommet à partir d'une montagne, la vue sur l'Ile-aux-Coudres sans oublier la splendide vue sur le fleuve qui change constamment dépendant où l'on est.

Ces critères sont explorés graphiquement et en photographies pour en faire ressortir leur forme, leur couleur et leur emplacement. (Voir annexe C) Certains de ces critères tels que les vues et la topographie ont influencé l'implantation des parcours. Les autres critères sont nécessaires pour qualifier les parcours d'implantation choisis.

Forces naturelles du lieu

Les forces naturelles du lieu dont l'orientation de l'ensoleillement des pentes à différents moments de la journée et de l'année et les vents sont des données fortement liées au confort des utilisateurs et influencent l'implantation des parcours. D'après la topographie, les versants de la montagne sont orientés différemment (ex : S, SE, etc.) et ont donc un ensoleillement variant de favorable à défavorable. Les versants est, sud-est et sud favorisent le confort des utilisateurs; ils sont donc plus propices à l'implantation des parcours des remontées mécaniques. Les autres versants sont, soit quasi inexistantes (NO, O et SO), soit défavorables à l'implantation par le manque de soleil (N et NE). (Voir annexe D)

L'ensoleillement aux différents moments de la journée et de l'année cause certains problèmes avec la topographie. Comme on peut l'observer sur la modélisation 3D de la montagne à l'annexe D, en hiver à partir de midi, l'ensoleillement est problématique dû à la faible altitude du soleil. Les journées de ski se terminent donc beaucoup plus tôt vers le mois de décembre, car le soleil se cache rapidement derrière les montagnes (dès 15 h). Il est également important de ne pas oublier l'impact de l'ombre formée par les arbres sur les

pistes de ski. Étant donné la forte densité de végétation et la présence de conifères, les arbres projettent une ombre portée considérable. Le côté nord des pistes est donc plus propice à l'implantation des remontées mécaniques.

Il existe quelques vents dominants aux alentours de la montagne dépendamment si on se situe vers le bas ou vers le haut de la montagne (l'Atlas Canadien d'énergie éolienne, 2007). En bas de la montagne, le vent dominant suit la direction du fleuve, c'est-à-dire qu'il provient du SSO et est de plus grande vitesse que celui du haut de la montagne, s'accéléralant avec le canal que forme le fleuve. Les vents dominants en haut de la montagne proviennent du l'OSO, de l'O et du SSO. Étant filtrés par la végétation, ils sont peu présents et n'affectent peu le confort des utilisateurs. C'est seulement vers le plus haut sommet que le vent peut être dérangerant à cause du manque et de la petitesse de la végétation.

Suite à ces analyses, les enjeux du lieu du massif de la Petite-Rivière St-François sont facilement identifiables permettant ainsi de répondre à l'objectif principal du projet.

Projet de design

L'objectif principal du projet est de démontrer que l'ensemble structural des remontées mécaniques du massif de la Petite-Rivière St-François avec le parcours qu'il suggère peut contribuer à l'expérience sensorielle du lieu. Le lieu est défini en tant que manifestation du monde de la vie concernant autant l'œuvre naturelle que l'œuvre humaine. (Norberg-Schulz, 1997) Il est clairement évident que les éléments naturels du Massif dominant par rapport aux éléments bâtis. Naturels ou bâtis, ils sont une source d'inspiration pour le présent projet.



Figure 13: Massif de la Petite-Rivière St-François
Source: Amélie Turgeon Aut. 2006

Enjeux et critères de design

Le lieu du Massif de la Petite-Rivière St-François présente trois enjeux significatifs: Ces enjeux sont la structure, le paysage et le parcours. La structure est l'élément de base qui permet le parcours et influence le paysage du Massif de la Petite-Rivière St-François.

Structure

Comment la structure peut contribuer à l'expérience du lieu tout en jouant son rôle structural de remontée mécanique?

Émergeant du sol, la forme de la structure est explorée selon son pouvoir technique de transfert de charges sous le guide des lignes de forces et selon son pouvoir d'expression dans le paysage. La structure propose un parcours en montagne en intégrant des endroits pour s'arrêter, observer et contempler; pour vivre et découvrir le lieu du Massif de la Petite-Rivière St-François.

Pour exprimer une vérité structurale avec un souci d'efficacité, la topographie abrupte du terrain doit être prise en considération dans l'étude structurale. De plus, la structure d'une remontée mécanique présente en elle-même des particularités structurales dues à son fonctionnement (pylônes, véhicules et stations). Par le déplacement des véhicules, la structure perçoit un effet changeant des forces appliquées qui doit être pris en considération avec l'étude de différents cas de charges. (Voir annexe F)



Figure I4: Massif de la Petite-Rivière St-François
Source : Amélie Turgeon Aut. 2006

Voici les critères de design concernant de la structure :

- La structure doit pouvoir résister aux charges extrêmes et jouer son rôle de remontée mécanique :
 - Techniques de construction efficaces (assemblage, matériaux, détails) et adaptées au lieu pour l'ensemble des constructions.

- La structure doit utiliser le potentiel des éléments physiques naturels du contexte :

- Vérité structurale de la forme et des éléments de la structure;
- Forme structurellement efficace;
- Faible empreinte au sol de la structure;
- Expression des forces avec l'ensemble des constructions;
- Topographie affirmée.

Paysage

De quelle manière la structure des remontées mécaniques doit prendre en considération les formes du paysage pour ainsi contribuer à l'expérience du lieu?



Figure 15: Massif de la Petite-Rivière St-François
Source: Amélie Turgeon Aut. 2006

L'implantation d'une structure telle que les remontées mécaniques influence les caractéristiques du paysage. Le paysage du Massif de la Petite-Rivière St-François est généralement caractérisé par une nature pure et sauvage, structurée ou limitée par des défrichements verticaux – de haut en bas de la montagne – dus au passage des pistes de ski, des remontées mécaniques, des pylônes d'électricité et des quelques voies de circulation automobile. Les éléments bâtis caractérisent très peu le paysage du Massif. Les critères de design sont donc :

- La structure doit prendre en considération les formes du paysage :
 - Mise en valeur de la topographie avec la structure;
 - Utilisation des types de matériaux présents dans le paysage tels que l'épinette noire;
 - Vues existantes cadrées;
 - Notion de symbolisme de certains éléments du paysage;
 - Continuité visuelle du parcours à grande échelle.

Parcours

Comment le parcours en montagne, tant avec les remontées mécaniques qu'avec la descente en ski, en planche à neige, à pied ou en vélo peut être mis à contribution pour l'expérience du lieu?

Le parcours en montagne est très particulier, spécialement celui du Massif de la Petite-Rivière St-François, tant lors de la descente que de la remontée. En effet, étant donné que l'accès à la montagne du Massif peut se faire par le bas ou par le haut de la montagne, et ce, par deux voies de circulation, l'expérience et le rapport à la montagne, dans les deux cas, sont très différents.

Lorsqu'on arrive par le haut de la montagne, nous n'avons pas la sensation d'être au faite d'une montagne, c'est seulement après quelques minutes de descente dans les pistes de ski que la vue s'ouvre et que l'on peut expérimenter la montagne. Au fur et à mesure qu'on descend, on découvre le fleuve et son ampleur. À certains moments, nous avons la sensation de plonger littéralement dans le fleuve.



Figure 16: Massif de la Petite-Rivière St-François
Source : www.lemassif.com

La perception que l'on a en arrivant au bas de la montagne est tout à fait différente. Le fleuve est tout près et l'on peut immédiatement admirer l'ampleur de la montagne. Lorsqu'on emprunte les remontées mécaniques, l'immensité du fleuve nous est inaccessible visuellement, sauf si l'on se retourne. (Voir figure 16)

La structure de la remontée mécanique trace donc un parcours et permet à l'utilisateur de gravir la montagne et ainsi découvrir les différentes facettes du lieu. Ce parcours à travers la montagne avec ses arrêts et ses déplacements doit être étudié attentivement pour ainsi contribuer à l'expérience du lieu. Les critères de design sont donc :

- Les stations d'attente et les remontées mécaniques doivent rendre le parcours divertissant :

- Vues et liens directs avec la nature;
 - Effets de surprise du parcours.
- L'empreinte au sol de la structure doit favoriser l'expérience de la descente de la montagne tant à pied qu'en ski ou en planche à neige :
- Permettre l'arrêt pour s'asseoir ou s'accoter;
 - Ne pas bloquer l'apport de lumière naturelle;
 - Ne pas bloquer les vues importantes;
 - Favoriser la modulation au sol avec la neige et le vent.

Parcours architecturaux : implantation des remontées mécaniques

L'implantation des parcours a été étudiée en fonction de certains critères que le lieu offre avec ses formes et ses forces. Les trois critères principaux sélectionnés sont : les perpendiculaires aux pentes pour une plus grande efficacité, l'ensoleillement des versants de la montagne pour un plus grand confort thermique et les diverses vues disponibles à partir de différents emplacements sur la montagne. (Voir annexe E) La superposition de ces trois ensembles de données – les perpendiculaires qui se situent dans les versants sud, sud-est et est et les zones de vues différentes - a permis d'en faire ressortir plusieurs possibilités d'implantation qui s'ordonnent en deux étapes de remontée. La première étape gravit la montagne jusqu'au sommet intermédiaire (650 mètres d'altitude), la deuxième propose des pistes de ski de plus grande difficulté et gravit jusqu'au sommet ultime à 830 mètres. (Voir annexe E) Par la suite, trois parcours distincts ont été déterminés à l'aide de nouveaux critères dont l'emplacement des installations existantes et l'emplacement des pistes de ski du nouveau développement afin de couper le moins d'arbres possibles.

Le **premier parcours**, le plus sinueux, prend son départ près du chalet existant en bas de la montagne profitant des installations existantes telles que le stationnement et autres services. Il gravit la montagne jusqu'au sommet intermédiaire à 650 mètres. Le **deuxième parcours** débute tout près du domaine à Liguori et de l'érablière, à l'extrémité nord-est du mont à Liguori. Il est plus direct, croise le parcours #1 et le rejoint au sommet intermédiaire. À partir de l'arrivée des parcours #1 et #2, les adeptes d'activités en montagne doivent redescendre quelques mètres pour rejoindre le départ du parcours #3 qui se situe tout près d'une station de départ existante. Ce **troisième parcours** se rend jusqu'au plus haut sommet du complexe récréotouristique. (Voir figures 17 et 18)

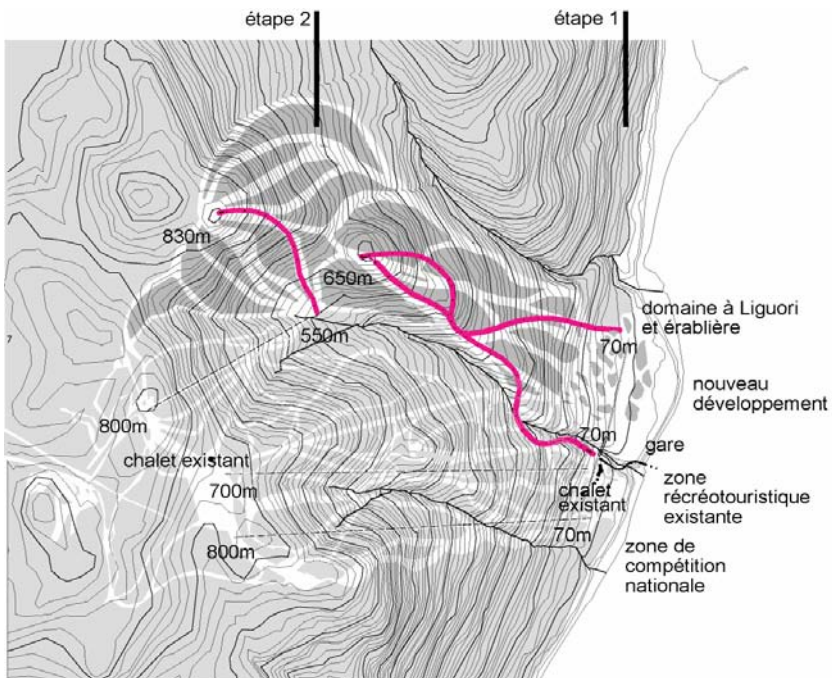


Figure 17: Plan du Massif de la Petite- Rivière St-François
Source: Amélie Turgeon 2007

De plus, avec certaines particularités et caractéristiques du lieu énoncées dans le chapitre sur « l'analyse du lieu », il est maintenant plus facile de qualifier les parcours selon les ambiances voulues et désirées. (Voir annexe I : planches présentées à la critique finale de l'essai (projet))

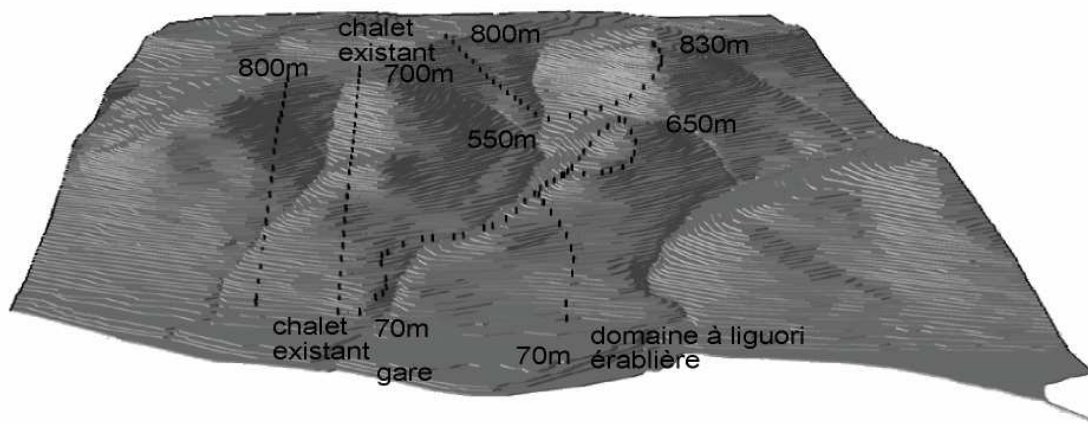


Figure 18: 3D du Massif de la Petite-Rivière St-François
Source: Amélie Turgeon 2007

À partir de ces trois parcours et des thèmes qui leur ont été accordés, la conception de la structure des remontées mécaniques et des stations peut être effectuée en considérant le lieu, les qualités techniques de base d'une structure et la technicité des remontées mécaniques.

Dévoilement des formes et des forces : une architecture structurale

La conception de la structure en elle-même avec la station basse et la station haute découle de toutes les considérations précédentes du lieu. Le processus de conception de l'ensemble structural s'est effectué grâce à un va-et-vient entre l'exploration graphique, la modélisation 3D avec le logiciel « Dr. Frame3D (2002-2003) » d'exploration structurale et l'exploration en maquette. (Voir annexe F) Le logiciel « Dr. Frame3D (2002-2003) » permet de manière graphique de comprendre les qualités de base de la structure. Il est également possible de voir, de manière simple, les forces aux appuis et ainsi connaître la résultante de toutes les forces.

Mouvement continu paysagé

L'idée directrice de la conception des remontées mécaniques provient du désir de donner au paysage un élément caractéristique et continu. Donc, les trois parcours des remontées mécaniques se présentent comme des cadres ou portes formant une continuité visuelle et dynamique à grande échelle dans le paysage. Étant sinueux, les parcours continus des remontées mécaniques longent à certains endroits les pistes, et à d'autres endroits, les traversent complètement. Ces cadres structuraux parcourent donc la montagne de bas en haut se frayant un chemin à travers la végétation dense de la montagne. Malgré la continuité visuelle à grande échelle, les remontées mécaniques se présentent, à plus petite échelle, comme des étapes distinctes à traverser tant en dévalant la montagne qu'en la gravissant. Ces remontées mécaniques sont composées de cadres structuraux et de segments de câbles droits à chaque 100 ou 50 mètres dépendamment de la topographie et de la sinuosité du parcours. Des variantes au sol sont aménagées à des endroits stratégiques (au moins une à chaque thème) sur les parcours. Ces aménagements permettent aux utilisateurs de s'arrêter, s'asseoir, admirer le paysage, découvrir les particularités du lieu ou tout simplement prendre du soleil. (Voir annexe I : planches présentées à la critique finale de l'essai (projet))



Figure 19: Image concept du mouvement continu
Source: Amélie Turgeon 2007

Matériau contextuel

L'utilisation du bois dans la conception de la structure offre plusieurs avantages dans l'optique de s'intégrer au paysage forestier et à l'image naturelle des forces ainsi que d'utiliser les matériaux disponibles sur le lieu. Les possibilités multiples de ce matériau tant structurales qu'esthétiques suggèrent une grande liberté de conception. Par exemple, par une triangulation de plusieurs petits éléments de bois, la forme de la structure a l'opportunité de gagner en hauteur sans pour autant augmenter la grosseur de la section des éléments. Le choix de ce matériau ajoute donc un aspect qui bonifie l'expérience du lieu.

L'utilisation de l'épinette noire s'est avérée également un choix « environnementalement » judicieux. En plus du fait que plusieurs mètres carrés d'épinettes noires défrichés pourraient être récupérés pour la structure, le logiciel Athena (2002) démontre que l'utilisation du bois versus l'utilisation de l'acier mène à de grands avantages environnementaux. Par exemple, pour un poids d'acier donné représentant le poteau de dimension nécessaire pour le présent projet en comparaison avec le volume de tous les éléments de bois composant la structure conçue, le bois est huit fois plus efficace au niveau de l'énergie totale primaire consommée : 150 giga Joules pour l'acier en comparaison à 18,25 giga Joules pour le bois.

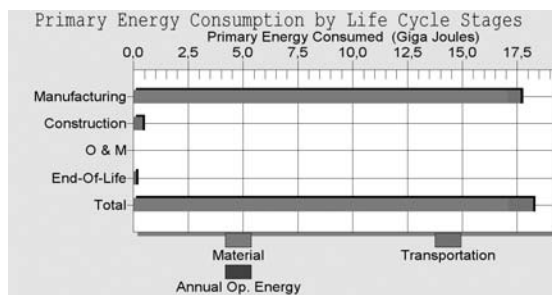


Figure 20: Énergie total primaire consommée par le bois
Source: Athena 2002

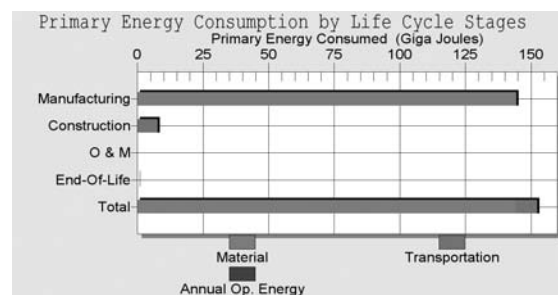


Figure 21: Énergie total primaire consommée par le acier
Source: Athena 2002

Par contre, il est important d'ajouter que le chiffre pour l'acier pourrait être pondéré de 45% en utilisant de l'acier recyclé, ceci porterait donc le résultat à 67,5 giga Joules contre 18,25 giga Joules. (Voir figures 20-21) De plus, la pollution de l'eau, de l'air et des déchets solides du bois par rapport à l'acier est en moyenne 6 fois moins élevée. (Voir annexe G) En conséquence, l'utilisation du bois pour la conception de la structure des remontées mécaniques s'avère une sélection astucieuse tant au niveau de l'efficacité environnementale, que de l'intégration dans le paysage, et par le fait même, de l'expérience du lieu que ceci peut procurer aux utilisateurs et observateurs.

Formes et lignes de force

La forme proprement dite des cadres structuraux provient tout d'abord de la topographie et de la forme de l'implantation des parcours. Comme dans toute remontée mécanique, la topographie en pente avec la charge des véhicules exercée sur les câbles provoquent une inclinaison des éléments structuraux vers le bas de la montagne pour s'ajuster et reprendre l'angle de la résultante des forces dans ce plan. (Voir figure 22)

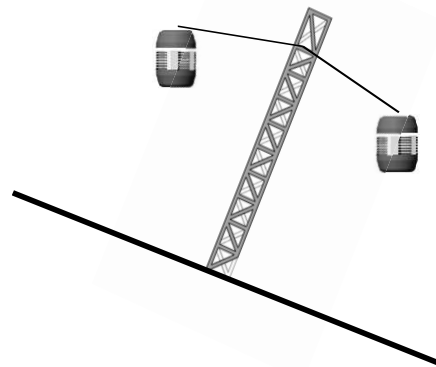


Figure 22: Inclinaisons des cadres structuraux dues aux degrés des pentes de la montagne
Source: Amélie turgeon 2007

De plus, le fait que les parcours soient sinueux, la charge des véhicules engendre des forces différentes à celles habituellement engendrées sur un parcours rectiligne. En explorant avec le logiciel Dr. Frame3D (2002-2003), il a été plus facile de déterminer l'angle des résultantes engendré par des forces en plan, qui elles aussi, forment des angles dus aux parcours courbes formés de droites. Les cadres structuraux reprennent donc l'angle de la résultante des forces venant créer l'aspect dynamique du mouvement continu et minimiser l'effort dans les membrures de bois. À l'aide du logiciel, il a été possible de déterminer cinq angles d'inclinaison résultant de cinq angles formés par les câbles en plan. (Voir figure 22 et annexe F)

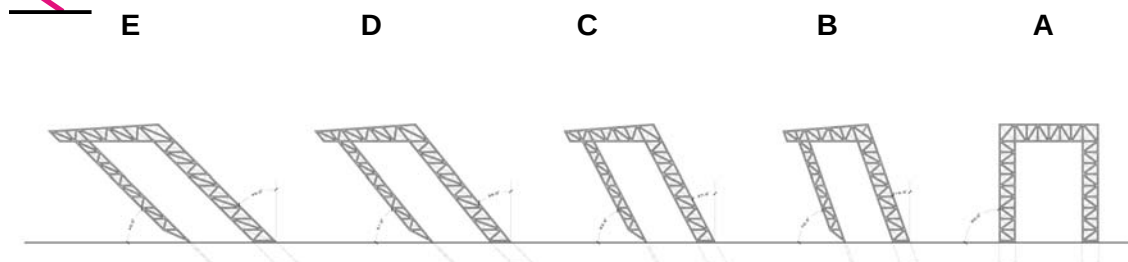


Figure 23: Élévations cadres structuraux types
Source: Amélie turgeon 2007

De plus, l'analogie du fonctionnement de la remontée mécanique avec le rôle de chaque station est exploitée pour la conception du parcours. La station basse est la station d'ancrage qui retient le câble ; la station haute est la station motrice qui tire le câble. Au bas du parcours, les cadres structuraux sur le parcours se positionnent tous au sol ; ils sont, par la suite, soulevés à l'aide de la force motrice de la station haute. Un des cadres est resté au sol à la station basse, les suivants se soulèvent doucement pour finir en position verticale à la station haute. (Voir figure 23)



Figure 24: Image concept, parcours en coupe
Source: Amélie Turgeon 2007

Le traitement au sol et les appuis des cadres structuraux doivent, de ce fait, être traités honnêtement en exprimant leur vérité structurale. Les appuis des cadres se présentent au commencement comme étant deux pieds pivots pour ensuite que l'un d'eux s'encastre, une fois que la position requise et efficace soit stabilisée. Suite à une modélisation avec « Dr. Frame3D (2002-2003) » de ces appuis (un pied pivot et un pied encastré), l'élargissement du pied encastré a été effectué dû au plus grand effort structural encouru sur ce côté. (Voir figure 24 et annexe I: planches présentées à la critique finale de l'essai (projet))

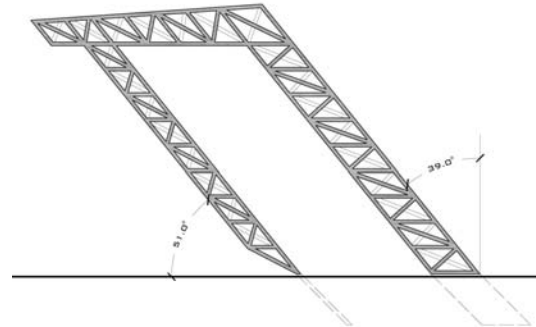


Figure 25: Types d'appuis et élargissement du pied encastré
Source: Amélie Turgeon 2007

À l'image du mouvement : stabilité et instabilité

Les stations basse et haute du parcours #2 ont été développées pour exprimer l'image du fonctionnement de la remontée mécanique expliqué ci-dessus. Un programme spécifique à ce parcours, occasionné par l'emplacement des stations et des services à proximité a été développé. (Voir annexe H)

D'une part, la station basse comprenant une zone attente, d'embarquement et une billetterie, exprime le dévoilement de son encastrement hors-sol et en sous-sol. De lourds plans de béton retiennent les câbles qui sont chargés par le poids des véhicules, occasionnant par le fait même des charges dans tous les sens dues à la sinuosité du parcours. Ces plans de béton, au nombre de cinq, disposés dans trois directions différentes de manière asymétrique s'enfoncent profondément dans le gneiss venant créer une dépression surprenante dans le sol pour ainsi faire place à la billetterie. L'asymétrie de ces plans d'ancrage laisse croire en une instabilité structurale. (Voir annexe I : planches présentées à la critique finale de l'essai (projet))

D'autre part, la station haute (station du sommet intermédiaire située à la même place que la station haute du parcours #1) offre un programme plus diversifié : zone de débarquement, terrasse observatoire, café et sanitaires. Elle propose un endroit pour s'arrêter et admirer le paysage majestueux du fleuve et de la montagne. Comme mentionné ci-dessus, les cadres structuraux à cet endroit sont totalement verticaux créant ainsi l'image stable de la fin du parcours.

Par conséquent, l'ensemble structural des remontées mécaniques avec ses formes, ses matériaux et ses assemblages suggère, malgré une stabilité structurale, une instabilité visuelle gratifiant l'expérience lieu.

Interaction essai et projet

Le processus de l'essai (projet) a démontré une interdépendance entre la partie écrite de l'essai avec les attitudes pouvant être adoptées face au lieu et la partie design du projet. La source du projet avec l'analyse du site, les choix d'implantation et l'idée directrice de la forme générale du projet découle directement des connaissances acquises lors de la recension des écrits (essai). La connaissance de la technique de fonctionnement des remontées mécaniques, absente au tout début du projet, a dû être explorée en cours de processus de design en raison l'importance de l'aspect technique et structural du projet. Cet aspect a tout de même mené à des images fortes en dernière partie du processus de conception.

Lors de la conception du projet, l'interaction entre l'exploration graphique et la modélisation avec un logiciel de structure a été des plus favorables pour le projet. Elle a permis à la fois de faire ressortir le concept initial, de vérifier les hypothèses de départ et de confirmer la forme finale de la structure.

Par contre, à la fin du processus, un retour aux considérations essentielles du lieu aurait pu être fait afin de simplifier les détails et les assemblages, de peaufiner le contact de la structure avec le sol et de mieux intégrer la structure au paysage du Massif de la Petite-Rivière St-François.

Finalement, l'interaction entre le projet et l'essai et entre l'aspect créatif et technique de la structure a été continue tout au long du projet. L'essai (projet) en a donc profité et en est, à la fin, plus cohérent.

Conclusion

Cet essai a comme vision de départ l'expérience du lieu que peut procurer l'implantation d'une structure dans un paysage. Selon certaines attitudes face au lieu que le concepteur peut adopter, l'implantation, la forme, les matériaux et détails contribuent à l'expérience du lieu de l'utilisateur et de l'observateur, à petite ou à grande échelle. En conséquence, c'est avec une considération juste et des choix judicieux sur le lieu d'implantation que l'élément construit contribue à l'expérience du lieu.

Le projet a permis de démontrer le processus de conception d'un parcours architectural et structural en montagne dans le but premier de faire découvrir le lieu. Il a démontré qu'avec des considérations basées sur les formes et forces du lieu, un projet architectural tel les remontées mécaniques avec les stations peuvent contribuer à l'expérience du lieu.

La limite du projet réside dans l'aspect subjectif de l'expérience du lieu. Il est plutôt difficile de démontrer l'expérience du lieu en images. La vidéo réaliste du déplacement en remontée mécanique avec de la structure proposée aurait probablement été un outil de présentation plus convaincant pour démontrer que l'objectif principal de l'essai (projet) est atteint.

Bibliographie

Livres:

ANSELMi Alessandro (1997), « La "forme" du lieu », In : *Dossier : L'architecture et son lieu*, Belgique, Bruxelles : La part de l'œil, presses de l'Académie Royale des Beaux-Arts de Bruxelles, 11 – 15

BALMOND Cecil (1997), « New structure and the Informal », *Assemblage*, No. 33 : 46-57.

BIRKSTED Jan (1999), *Relating architecture to landscape*, London: E & FN Spon

CHARLESON Andrew W. (2005), *Structure as architecture*, Burlington : Architectural Press

DUNSTER David, (1996), *Arups on Engineering*, Berlin : Ernst & Sohn.

DUTTONH Hugh (2000), « An Integral Approach to Structure and Architecture », *Perspecta*, Vol. 31 : 60-69.

FONTEIN Lucie (2000), « Reading Structure through the Frame », *Perspecta*, Vol. 31 : 50-59.

FRAMPTON Kenneth (1995), *Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*, London: The MIT Press.

GRUFT, Andrew (1997), *Patkau Architects*, Barcelona: Gustavo Gill.

HOLGATE Alan (1986), *The Art in Structural Design; An Introduction and Sourcebook*, Oxford : Clarendon Press.

LeCUYER Annette (2001), *Radical Tectonics*, New York : Thames & Hudson.

LYNCH Kevin, HACK Gary (1984), *Site Planning*, Cambridge: The MIT Press.

MACDONALD Angus J. (2001), *Structure & Architecture*, Burlington: Architectural Press.

MAINSTONE Rowland J. (1999), *Structure in Architecture: History, Design and Innovation*, Sydney, Singapore: Ashgate Variorum, 111-116

MARSTON FITCH James (1998), « Experiential Context of the Aesthetic Process », *Journal of Architectural Education*, Vol. 4, No. 2 : 4-9.

McHARG Ian L. (1980), *Composer avec la nature*, Paris.

MOTLOCH John L. (1991), *Introduction to the landscape design*, New York: Van Nostrand Reinhold.

MOTRO René, WESTER Ture (1992), *Morphologie structurale*, France.

MUTTONI Aurelio (2004), *L'art des structures*, Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.

NERVI, Pier Luigi (1965), *Aesthetics and Technology in Building*, Massachusetts, Cambridge: Harvars University Press. 1-21, 183-192.

NERVI Pier Luigi (1956), *Structures*, USA, New York: F.W. Dodge Corporation. 1-28, 94-112.

NORBERG-SCHULZ Christian, (1997), *L'Art du lieu, Architecture et paysage, permanence et mutation*, Paris: Moniteur.

PELKONEN Eeva-Liisa (2000), « In Response on Material, Work and Resistance », *Perspecta*, Vol. 31: 113.

RIVEST Gabriel (2003), *La structure comme conception et perception esthétiques : Un pont entre l'architecture et l'ingénierie*, Essai (projet) de maîtrise. Québec : Université Laval.

SCHAAL Hans Dieter (1994), *Landscape as Inspiration*, London: Ernst & Sohn.

TORROJA Eduardo (1967), *Philosophy of Structure*, Los Angeles: University of California Press.

TZONIS Alexander (2005), *Santiago Calatrava, La poétique du mouvement*, Paris : Flammarion.

Wood Design Manual (2001), Ottawa, Conseil canadien du bois.

Logiciels :

ATHENA (2002), *Environmental Impact Estimator*, Athena 2.0 Software, [cédérom].

Dr. SOFTWARE (2002-2003), *Dr. Frame3D*, Dr. Frame3D 1.0.

Sites internet:

Le Massif, <http://www.lemassif.com/fr/>, (14 septembre 2006)

Les remontées mécaniques, <http://www.remontees-mecaniques.net/>

POMA, fabricant de remontée mécanique, <http://www.poma.net/>

Annexe A

Type de remontées mécaniques

Types de remontées mécaniques

1. Le **télési** ou le **remonte-pente** est une remontée mécanique pour seulement un skieur. Le principe consiste à enfiler entre les jambes une perche terminée par une rondelle. La perche est tractée par un câble et tire le skieur (Voir figure 1). Ce dernier n'a qu'à se laisser glisser sur la neige. Une des variantes est un télési à deux places. Il est très rapide, par contre, peu confortable, particulièrement si les deux skieurs n'ont pas la même grandeur.



Figure 1: Télési de la Combe, Valmeinier
Source: Wikipédia

1. Le **télésiège à pinces fixes** est un type de remontée mécanique dont l'ancêtre est le télési. Le télésiège a comme objectif d'être utilisable en toutes saisons avec ou sans neige. De manière générale, des sièges de 2 à 8 places sont accrochés à un câble soutenu par des pylônes et les sièges sont fixés en permanence par une pince fixe. La vitesse normale des télésièges à pinces fixes est variable de 3.6 km/h à 8 km/h dépendamment de la capacité des sièges, des saisons et de la présence ou absence d'un tapis d'assistance à l'embarquement.

2. Le **télésiège à pinces débrayables** est équipé d'un système de débrayage (pinces débrayables) permettant une vitesse plus lente en station, facilitant l'embarquement et le débarquement des passagers. Ce mécanisme permet donc des vitesses beaucoup rapides sur le parcours, de plus ou moins 18 km/h. Les sièges peuvent être accompagnés de coques en matière transparente pouvant être rabattues pour protéger du vent et des intempéries (voir figure 2). De plus, certains systèmes permettent le double embarquement, c'est-à-dire que deux groupes peuvent



Figure 2: Télésièges à Bad Hofgastein Austria
Source: Wikipédia

embarquer simultanément. Ce télésiège permet d'augmenter le débit et la vitesse d'embarquement, donc de diminuer le temps d'attente.

3. La **télécabine** ou la **gondole** est un système de transport par câble, transportant plusieurs petites cabines fermées dont la capacité varie de 4 à 16 places. (Voir figure 3) Les cabines sont disposées sur un câble porteur/tracteur unidirectionnel qui forme une boucle continue. Comme les télésièges débrayables, les cabines, dans ce cas-ci, sont pourvues d'une attache débrayable, permettant de se découpler du câble dans les stations. La vitesse peut atteindre 22 km/h. Les cabines peuvent être disposées en groupe à l'aide d'attaches fixes.



Figure 3: Télécabine rotative de Hochstuckli
Source: <http://www.stuckli-rondo.ch/>

4. Il existe un type de remontée mécanique **mixte** combinant des **télésièges** et des **télécabines** qui propose une alternance de sièges et de télécabines qui sont accrochés au même câble. Ce type de remontée mécanique offre donc l'option de remonter la montagne avec ou sans les skis aux pieds.

5. Le **DMC (double mono-cables)** ou le **Funitel** est un système à mouvement continu avec double mono-câbles à voie large. (Voir figure 4) Les véhicules débrayables sont suspendus à deux câbles porteurs-tracteurs formant une voie d'environ 3,20 m. Les véhicules peuvent transporter jusqu'à 30 passagers. L'avantage du Funitel est d'avoir un grand débit horaire, de pouvoir couvrir de longues distances entre deux pylônes et d'offrir une grande stabilité au vent, due à la large voie. Par contre, son coût d'installation est nettement supérieur aux autres installations.



Figure 4: Funitel du Grand Fond à Val Thorens
Source: Wikipédia

6. Le **téléphérique** est un système de transport à traction par câble composé d'une ou deux cabines suspendues à un câble. (Voir figure 5) Chaque cabine a sa propre voie et ne peut tourner. Si l'installation comporte deux cabines, le poids de la cabine descendante fournit l'essentiel de l'énergie dont a besoin la cabine montante. Le téléphérique peut contenir jusqu'à 200 personnes.



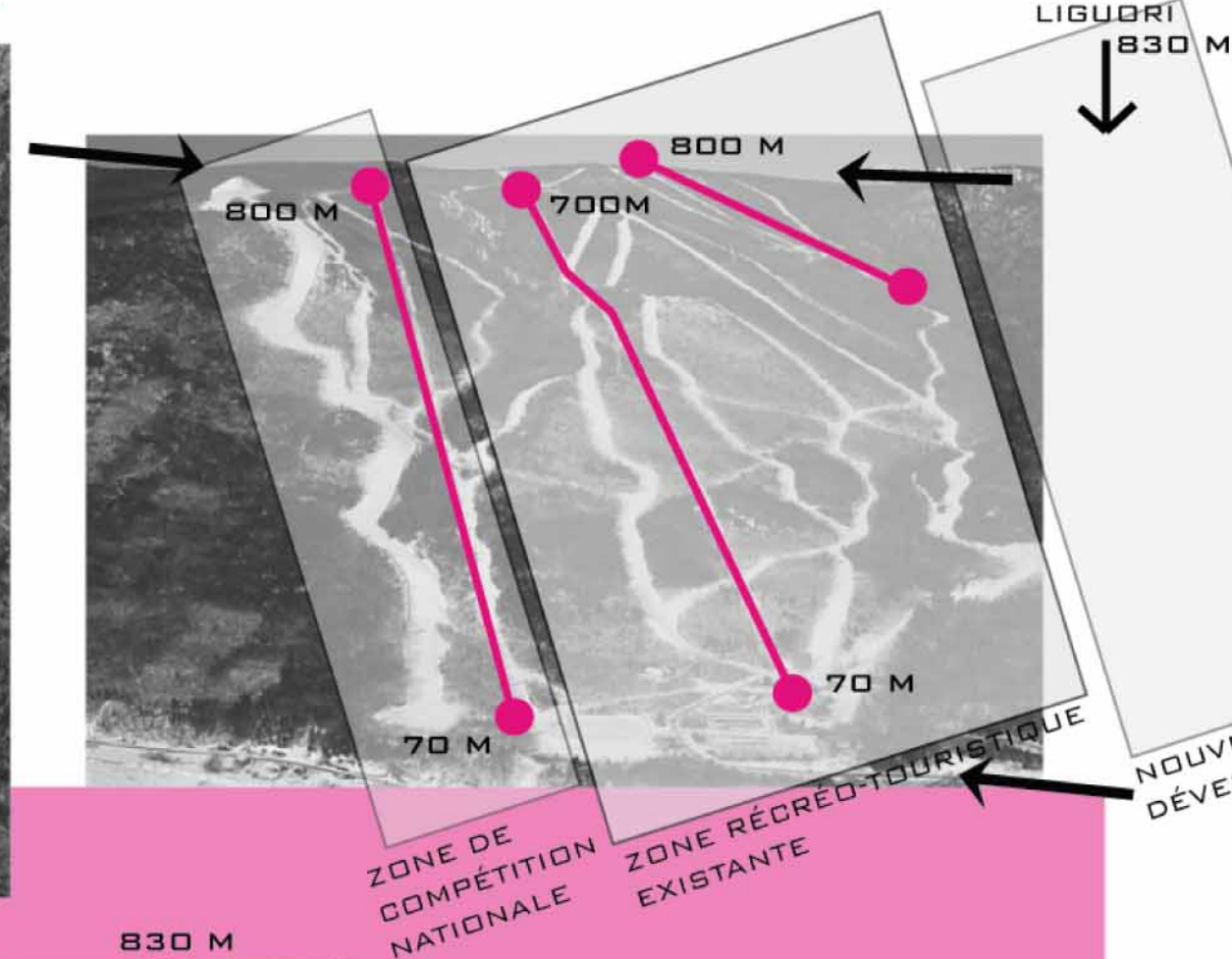
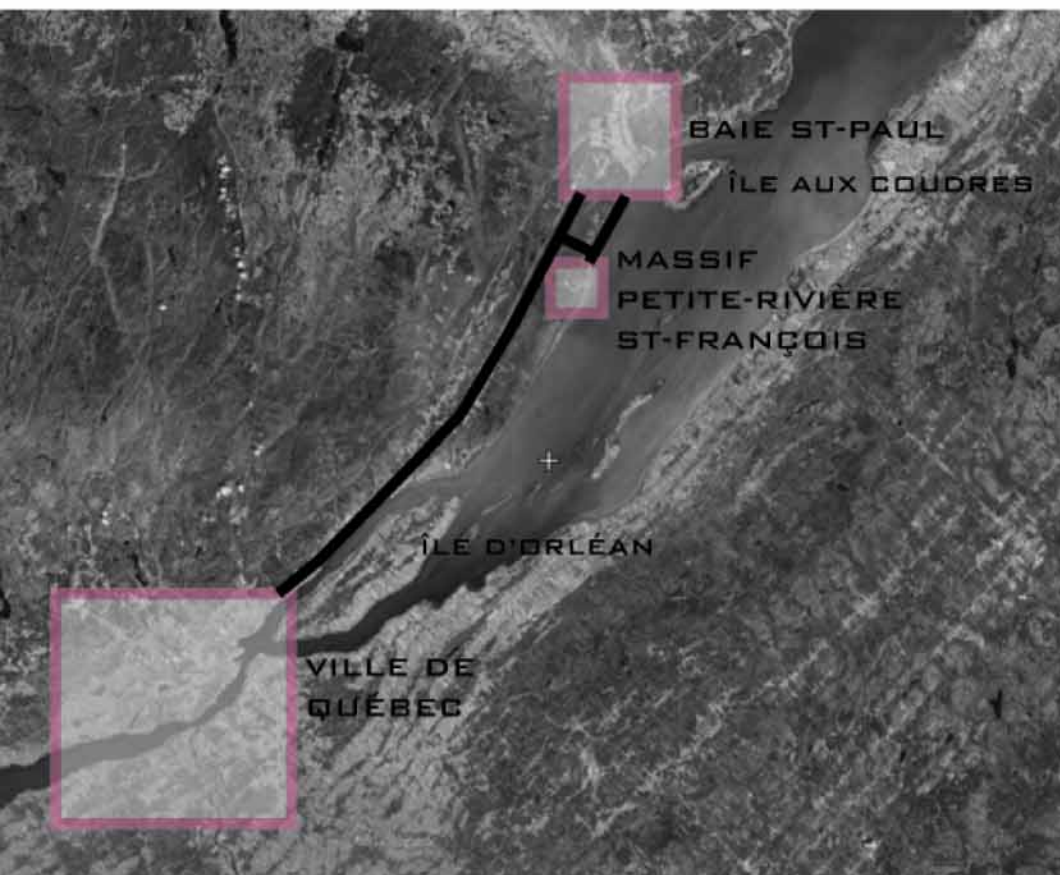
Figure 5: Téléphérique
Source: <http://www.poma.net/>

Il existe quelques exemples de remontées mécaniques qui contribuent à l'expérience du lieu avec le procédé mécanique du véhicule. Par exemple, la cabine de Hochstuckli procède à deux tours complets lors de la remontée pour permettre aux utilisateurs d'apprécier le panorama montagneux. (Voir figure 3)

Annexe B

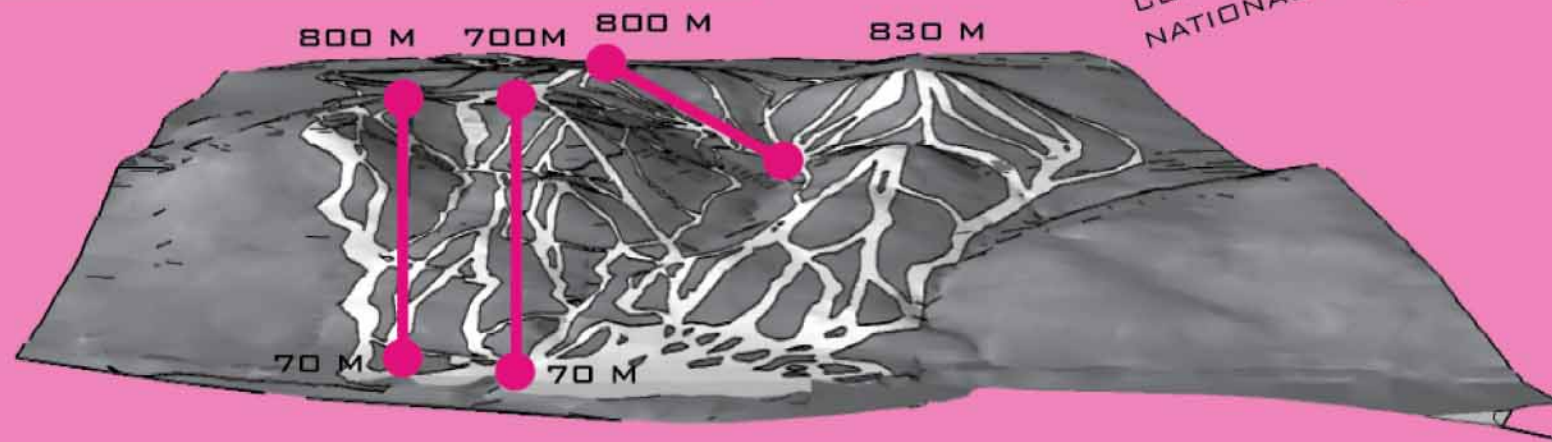
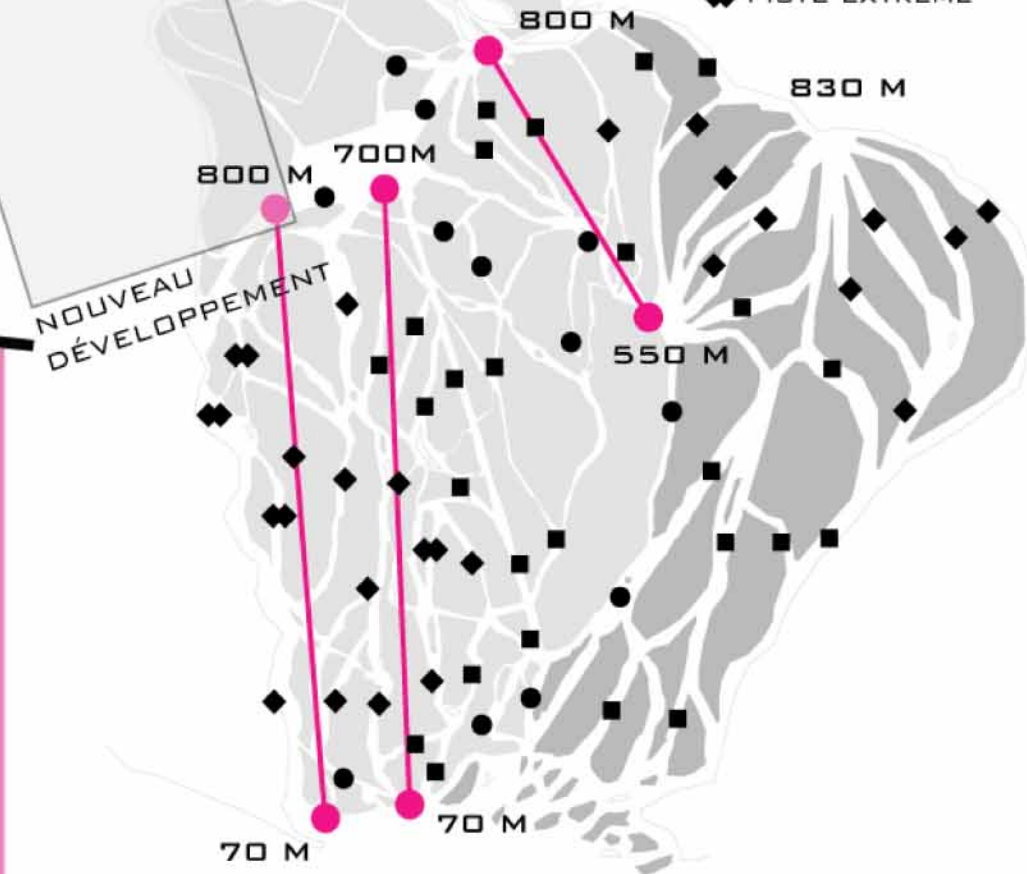
Mise en contexte de la montagne et du nouveau développement

SITUATION GÉOGRAPHIQUE



— REMONTÉES MÉCANIQUES EXISTANTES
● STATIONS EXISTANTES
→ ACCÈS AU SITE

● PISTE FACILE
■ PISTE INTERMÉDIAIRE
◆ PISTE DIFFICILE
◆ PISTE EXTRÊME

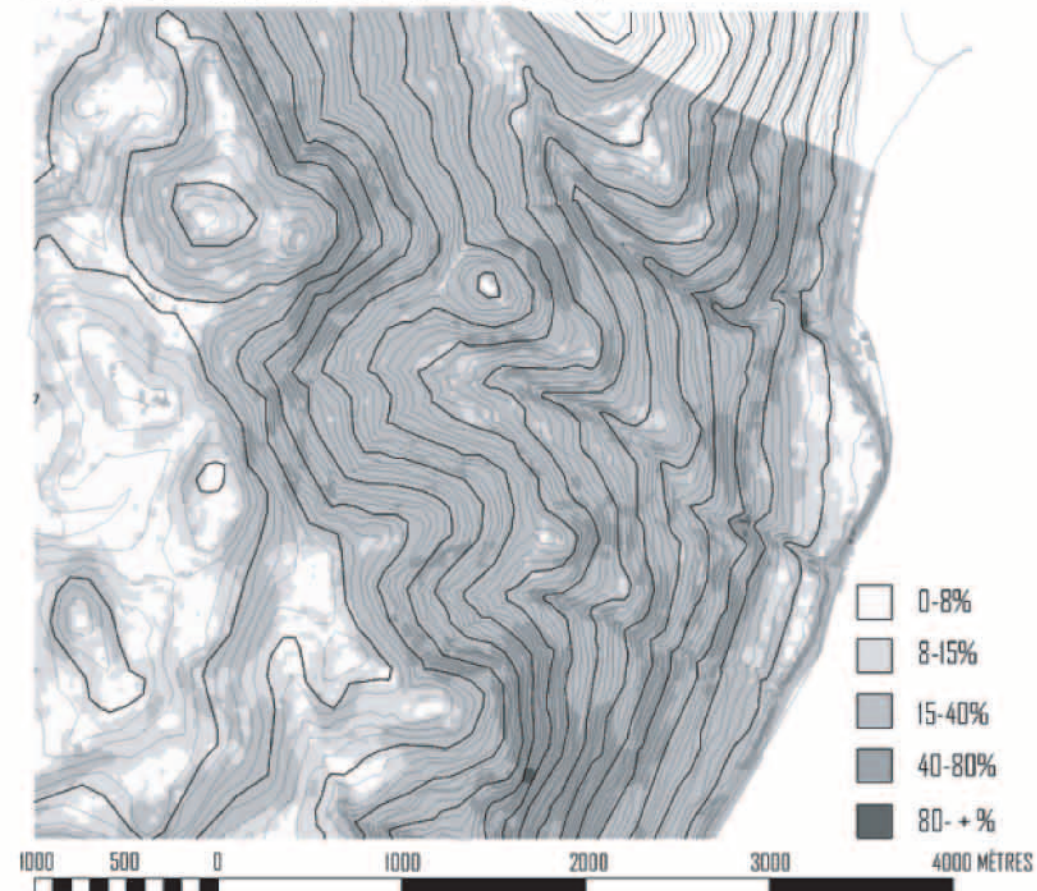


Annexe C

Analyse du lieu selon ses formes

DONNÉES SUR LES FORMES, COULEURS ET ÉLÉMENTS DU PAYSAGE

GRADIENT DES PENTES



VÉGÉTATION

EN BAS : BOULEAU JAUNE - BLANC - ÉPINETTE NOIRE - ARBRE MORT
EN HAUT DE LA MONTAGNE :



ÉTÉ



VUES SUR LA MONTAGNE



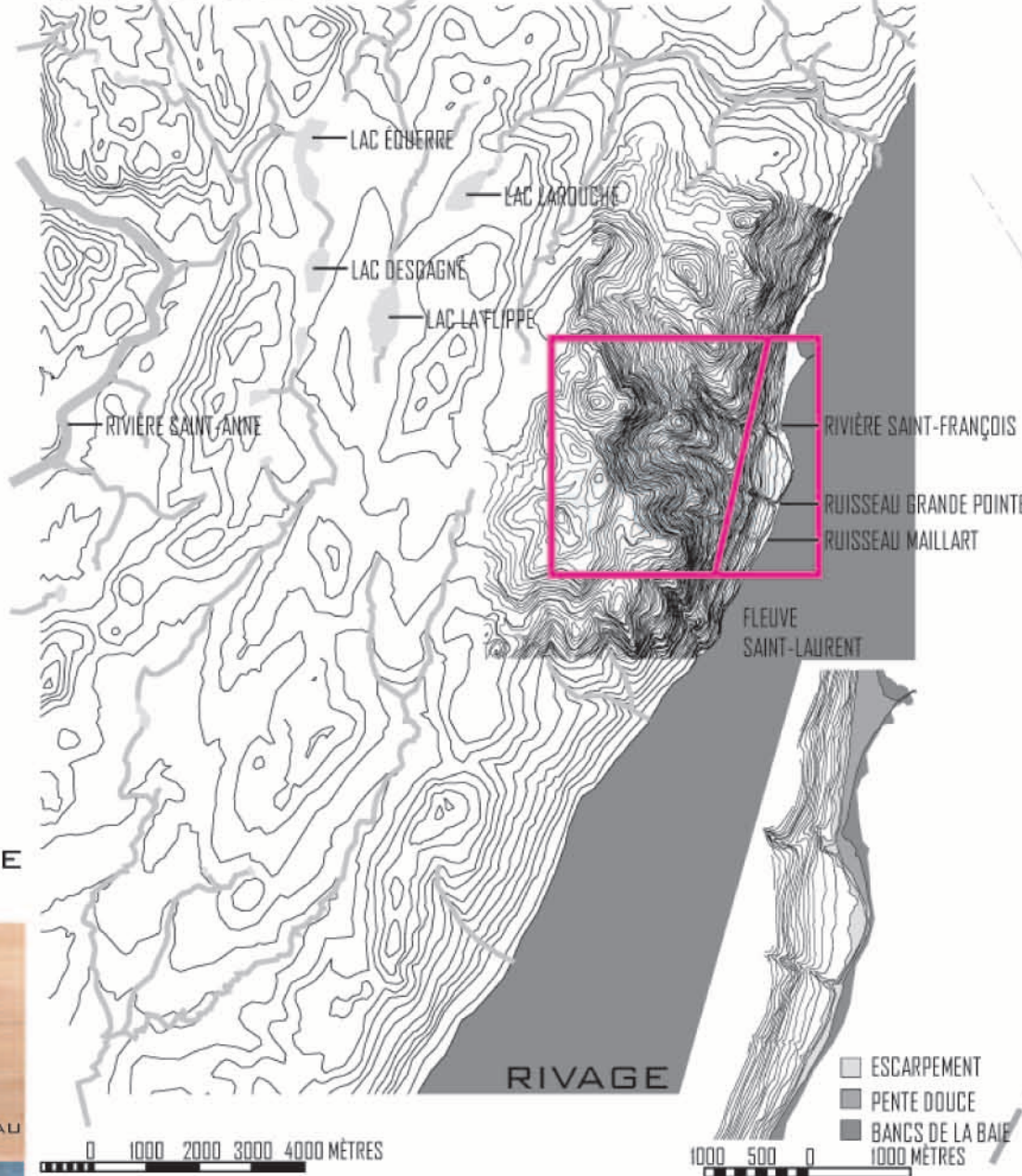
MATÉRIAUX DU SITE



AUTOMNE



COURS D'EAU



0 1000 2000 3000 4000 MÈTRES

VUES DE LA MONTAGNE



ÉLÉMENTS PARTICULIERS



0 1000 2000 3000 4000 MÈTRES

HIVER

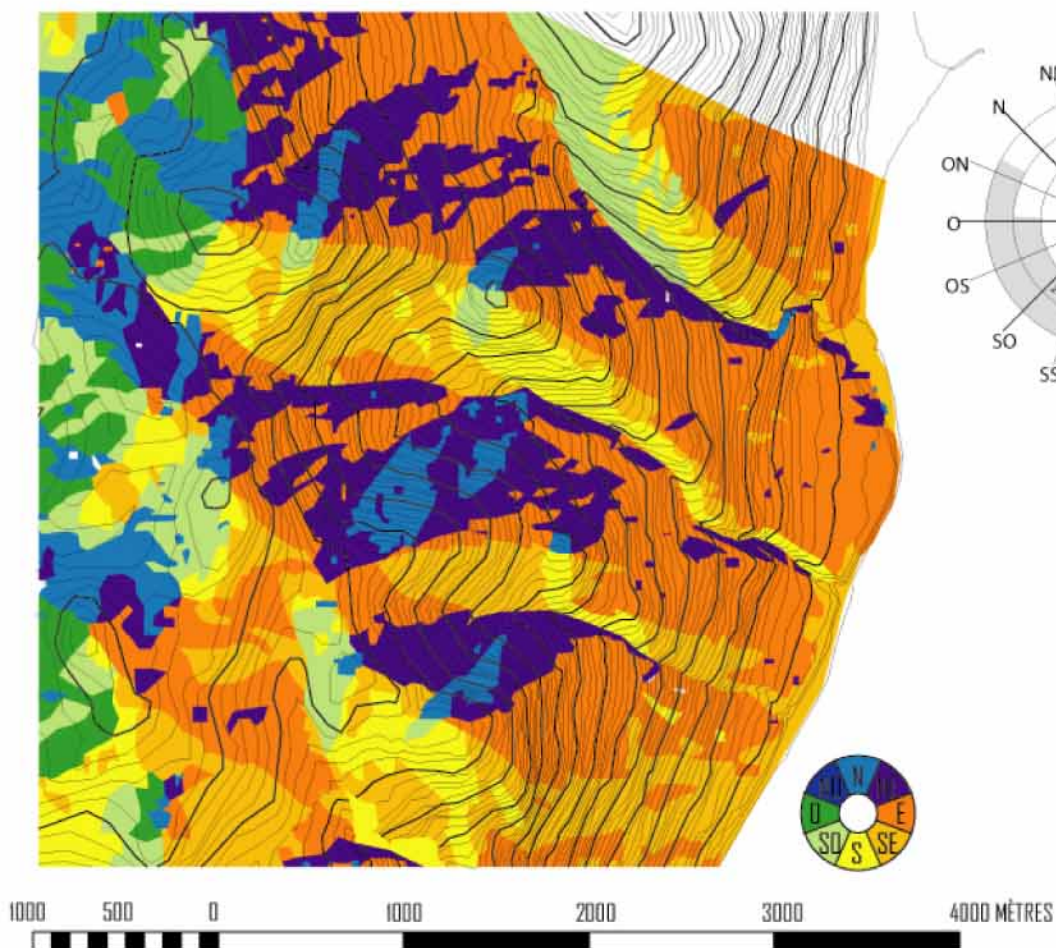


Annexe D

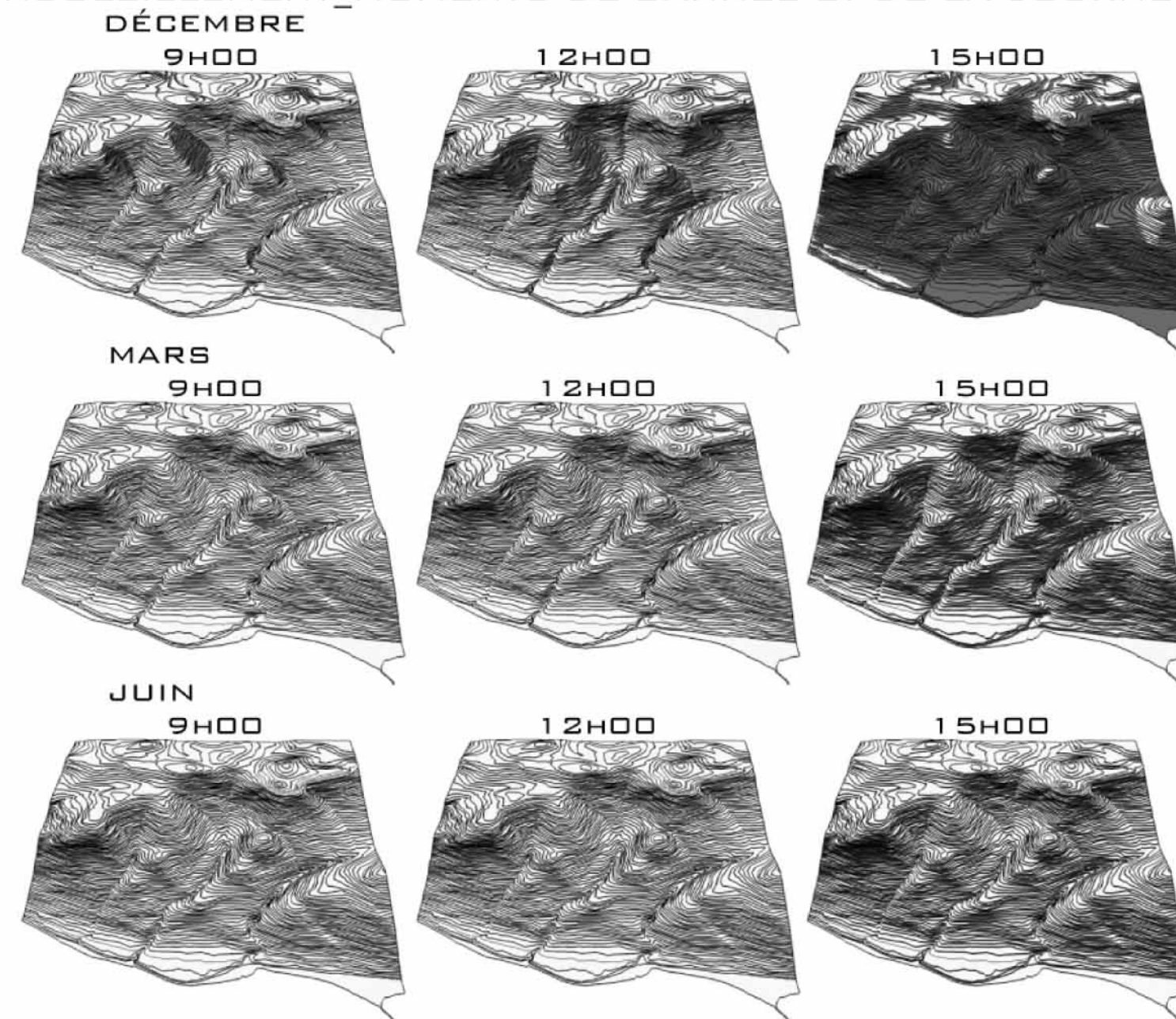
Analyse du lieu selon ses forces

FORCES NATURELLES_DONNÉES CLIMATIQUES

ORIENTATION DE L'ENSOLEILLEMENT DES PENTES

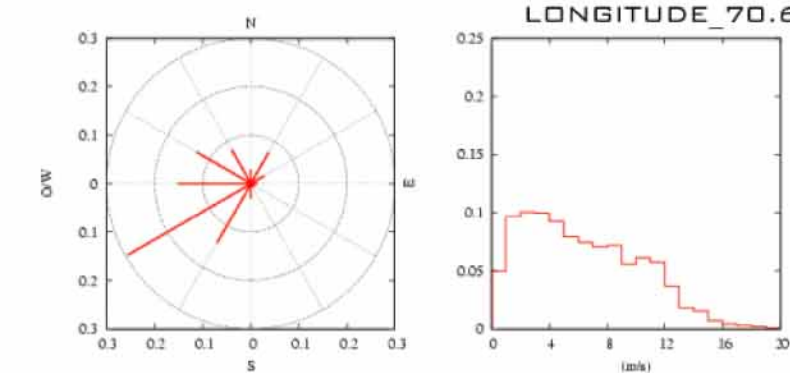


ENSOLEILLEMENT_MOMENTS DE L'ANNÉE ET DE LA JOURNÉE

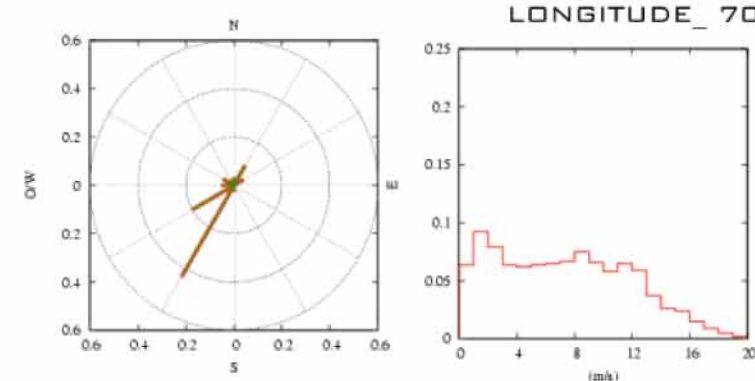


ORIENTATION ET VITESSE DU VENT

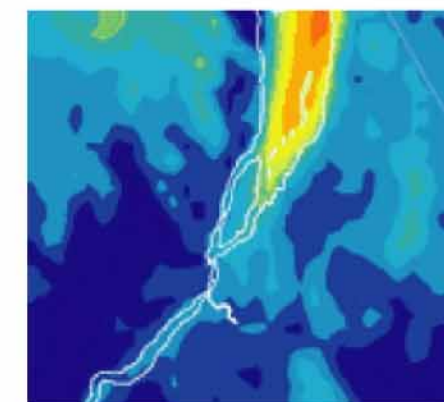
EN HAUT DE LA MONTAGNE: LATITUDE_47.28 N
LONGITUDE_70.6 O



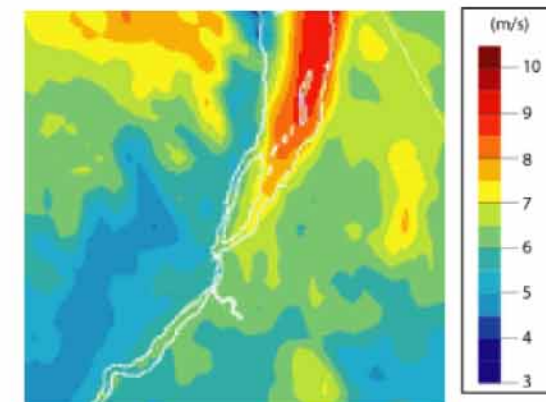
EN BAS DE LA MONTAGNE: LATITUDE_47.26 N
LONGITUDE_70.56 O



VENT À 30 MÈTRES



VENT À 80 MÈTRES

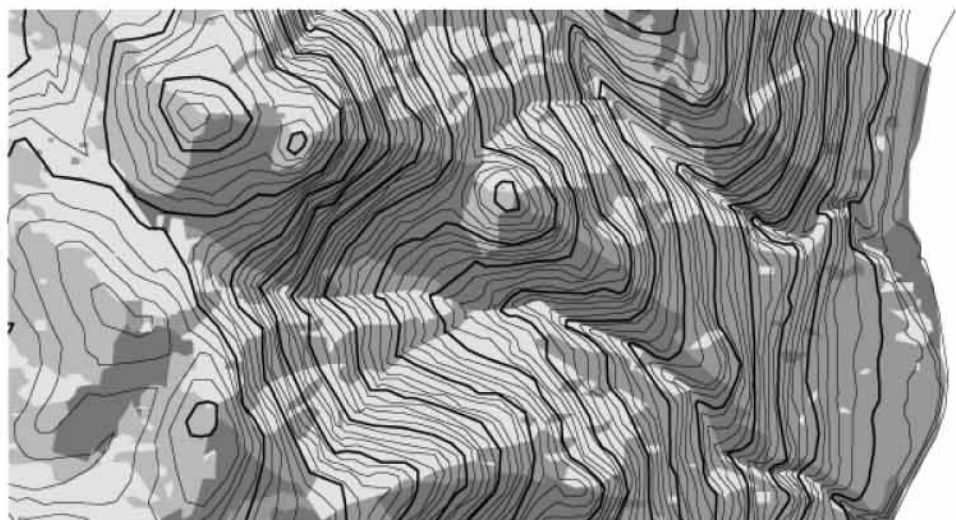


Annexe E

Processus du choix d'implantation

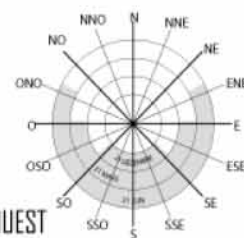
PROCESSUS CHOIX DES PARCOURS

APPORT SOLAIRE SELON LES PENTES



LES VERSANTS DU MONT À LIGUORI LES PLUS INTÉRESSANTS AU NIVEAU DE L'ENSOLEILLEMENT SONT CEUX DU SUD, SUD-EST ET DE L'EST. ILS SERONT DONC RETENUS POUR LA CARTE SYNTHÈSE.

SUD, SUD-EST
EST
OUEST, SUD-OUEST
NORD, NORD-EST, NORD-OUEST



PERPENDICULAIRES AUX PENTES



LES PERPENDICULAIRES DES PENTES SONT RECENSÉES POUR UN PLUS GRANDE EFFICACITÉ TECHNIQUE DES PARCOURS DE LA REMONTÉE MÉCANIQUE.

PERPENDICULAIRES

VUES



SUR LA CRÊTE DE LA MONTAGNE, LES VUES SONT ORIENTÉES EN MAJORITÉ VERS LE FLEUVE. SUR LES JONCTIONS HAUTES DE TOUS LES VERSANT SE SITUENT LA PLUS GRANDE DIVERSITÉ DES VUES. (ÎLE AUX COUDRES, FLEUVE ET MONTAGNE)

VUE FLEUVE
VUE ÎLE AUX COUDRES
VUE MONTAGNE

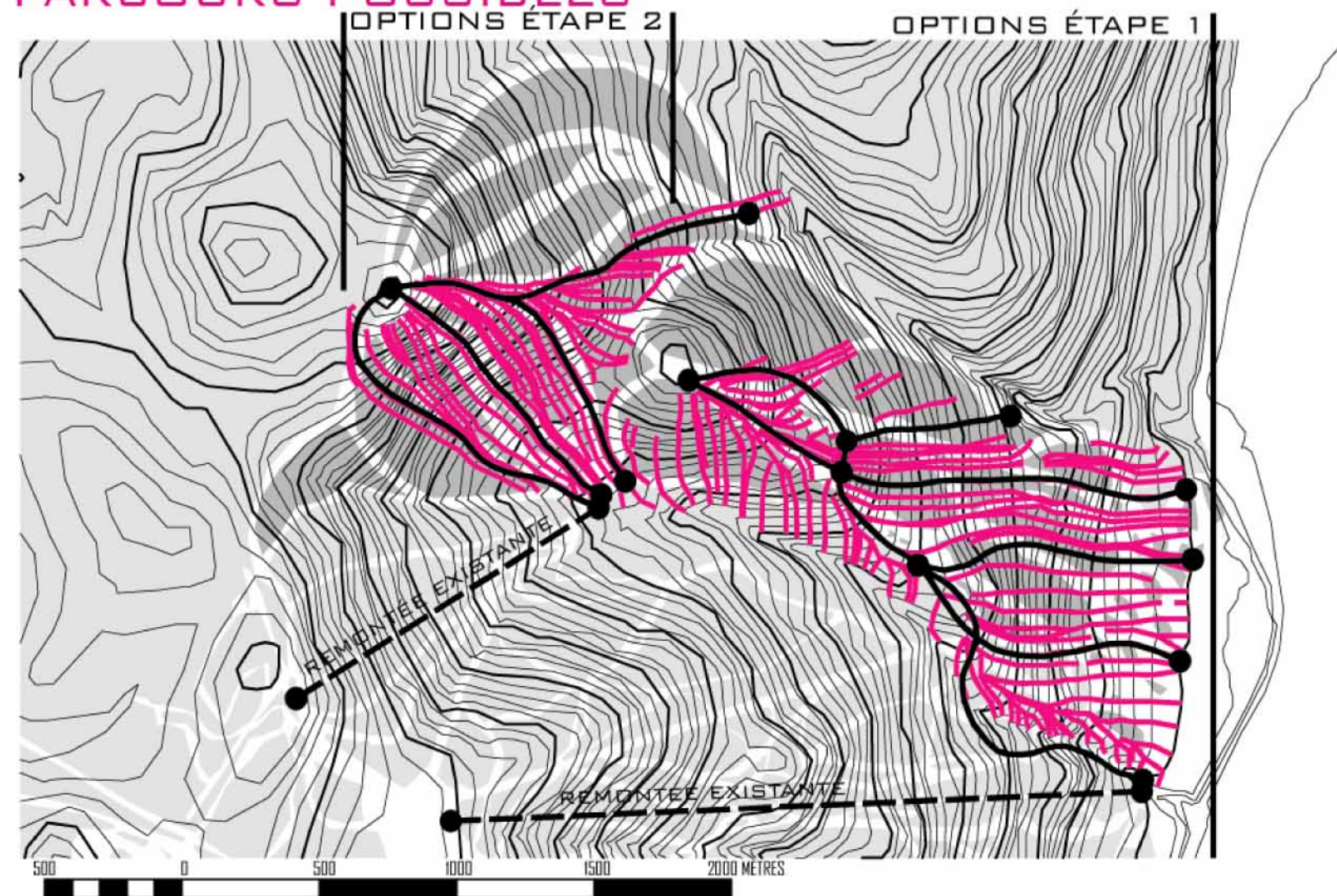


SYNTHESE D'IMPLANTATION

CARTE SYNTHESE D'IMPLANTATION



PARCOURS POSSIBLES

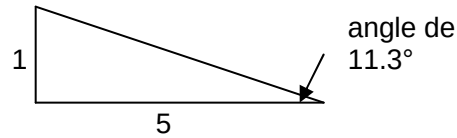


Annexe F

Calcul structural et exploration avec le logiciel Dr. Frame3D

Angles des sections des parcours

Forces avec angle en plan de 1/5
Angle de 11°
0.2



Résultante de **39.69kn en Y** et de **40.49kn en Z**
Ce qui donne un angle de **45.57°**

Le cadre sera donc incliné de $45.57^\circ \pm 45^\circ$
(Voir exploration du cas #2 avec Dr. Frame3D)

Angle de 10°
0.17

Résultante de **40.2358kn en Y** et de **34.7724kn en Z**
Ce qui donne un angle de **49°**

Le cadre sera donc incliné de 49°

Angle de 9°
0.158

Résultante de **40.357kn en Y** et de **32.5869kn en Z**
Ce qui donne un angle de **51°**

Le cadre sera donc incliné de 51°

Angle de 8°
0.14

Résultante de **40.3739kn en Y** et de **30.40kn en Z**
Ce qui donne un angle de **53°**

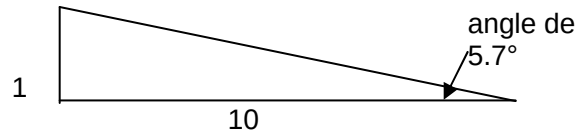
Le cadre sera donc incliné de 53°

Angle de 7°
0.12

Résultante de **40.5239kn en Y** et de **24.7807kn en Z**
Ce qui donne un angle de **58.55°**

Le cadre sera donc incliné de 58°

Forces avec angle en plan de 1/10
Angle de 6°
0.1



Résultante de **40.28k en Y** et de **20.95kn en Z**
Ce qui donne un angle de **62.5°**

Le cadre sera donc incliné de 62.5°

Angle de 5°
0.087

Résultante de **40.6642kn en Y** et de **17.9655kn en Z**
Ce qui donne un angle de **66.16°**

Le cadre sera donc incliné de 66°

Angle de 4°
0.07

Résultante de **40.7186kn en Y** et de **14.455kn en Z**
Ce qui donne un angle de **70.455°**

Le cadre sera donc incliné de 70.5°

Angle de 3°
0.05

Résultante de **40.7723kn en Y** et de **10.3249kn en Z**
Ce qui donne un angle de **75.789°**

Le cadre sera donc incliné de 76°

Angle de 2°
0.035

Résultante de **40.7938kn en Y** et de **7.2275kn en Z**
Ce qui donne un angle de **79.95°**

Le cadre sera donc incliné de 80°

Angle de 1°
0.017

Résultante de **40.8131kn en Y** et de **3.5105kn en Z**
Ce qui donne un angle de **85°**

Le cadre sera donc incliné de 85°

Choix des 5 inclinaisons des cadres types

Cadre type A : inclinaison de 0° (angle de 0°) pour un angle de trajectoire de 0°

Nombre :
Trajet 1_8
Trajet 2_13
Trajet 3_8

Cadre type B : inclinaison de 19.5° (angle de 70.5°) pour un angle de trajectoire de 4°

Nombre :
Trajet 1_6
Trajet 2_1
Trajet 3_1

Cadre type C : inclinaison de 27.5° (angle de 62.5°) pour un angle de trajectoire de 6°

Nombre :
Trajet 1_4
Trajet 2_2
Trajet 3_2

Cadre type D : inclinaison de 39° (angle de 51°) pour un angle de trajectoire de 9°

Nombre :
Trajet 1_8
Trajet 2_4
Trajet 3_0

Cadre type E : inclinaison de 45° (angle de 45°) pour un angle de trajectoire de 11°

Nombre :
Trajet 1_8
Trajet 2_3
Trajet 3_3

INCLINAISONS DES STRUCTURES

5 INCLINAISONS SÉLECTIONNÉES

CADRE TYPE E

ANGLE DES CÂBLES EN PLAN DE 11° (0.2)

*****Support Reactions*****

ID	R _x (kN)	R _y (kN)	R _z (kN)	M _x (kN-m)	M _y (kN-m)	M _z (kN-m)
1	-0.2233	-115.3219	12.4264	-0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	122.4185	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	-107.6387	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	112.0714	10.1883	-0.0000	-0.0000	0.0000
5	0.0000	-100.2280	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	-101.5940	9.2350	-0.0000	-0.0000	0.0000
7	0.0000	114.5399	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.2233	115.5499	9.4594	-0.0000	0.0000	0.0000

Y Z

RÉSULTANT DE 39.69kN EN Y ET DE 40.49kN EN Z
CE QUI DONNE UN ANGLE DE 45.57°

LE CADRE SERA DONC INCLINÉ DE $45.57^\circ \pm 45^\circ$
(VOIR CAS B)

CADRE TYPE D

ANGLE DES CÂBLES EN PLAN DE 9° (0.158)

*****Support Reactions*****

ID	R _x (kN)	R _y (kN)	R _z (kN)	M _x (kN-m)	M _y (kN-m)	M _z (kN-m)
1	-0.2223	-91.4261	10.1049	-0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	99.1504	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	-84.7350	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	89.7688	8.1606	-0.0000	-0.0000	0.0000
5	0.0000	-76.7912	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	-79.1435	7.1949	-0.0000	-0.0000	0.0000
7	0.0000	91.7608	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.2223	91.7176	7.1255	-0.0000	0.0000	0.0000

Y Z

RÉSULTANT DE 40.357kN EN Y ET DE 32.58kN EN Z
CE QUI DONNE UN ANGLE DE 51°

LE CADRE SERA DONC INCLINÉ DE 51°

CADRE TYPE C

ANGLE DES CÂBLES EN PLAN DE 6° (0.1)

*****Support Reactions*****

ID	R _x (kN)	R _y (kN)	R _z (kN)	M _x (kN-m)	M _y (kN-m)	M _z (kN-m)
1	-9.2174	-57.7526	6.8157	-0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	66.0698	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	-52.4682	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	58.3219	5.3020	-0.0000	-0.0000	0.0000
5	0.0000	-43.8041	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	-47.5270	4.2264	-0.0000	-0.0000	0.0000
7	0.0000	59.6466	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.2175	58.1347	3.6723	-0.0000	0.0000	0.0000

Y Z

RÉSULTANT DE 40.28kN EN Y ET DE 20.95kN EN Z
CE QUI DONNE UN ANGLE DE 62.5°

LE CADRE SERA DONC INCLINÉ DE 62.5°

INCLINAISONS DES STRUCTURES

5 INCLINAISONS SÉLECTIONNÉES

CADRE TYPE B

ANGLE DES CÂBLES EN PLAN DE 4° (0.07)

-----Support Reactions-----						
ID	R _x (kN)	R _y (kN)	R _z (kN)	R _x (kN-m)	R _y (kN-m)	R _z (kN-m)
1	-0.2149	-41.6872	3.2449	-0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	58.2720	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	-37.0779	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	43.3142	3.9277	-0.0000	-0.0000	0.0000
5	0.0000	-28.0826	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	-32.4514	2.3501	-0.0000	-0.0000	0.0000
7	0.0000	44.3195	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.2149	42.1120	2.3223	-0.0000	0.0000	0.0000
Y Z						

RÉSULTANT DE 40.72kN EN Y ET DE 14.455kN EN Z
CE QUI DONNE UN ANGLE DE 70.455°

LE CADRE SERA DONC INCLINÉ DE 70.5°

CADRE TYPE A

ANGLE DES CÂBLES EN PLAN DE 0° (0)

-----Support Reactions-----						
ID	R _x (kN)	R _y (kN)	R _z (kN)	R _x (kN-m)	R _y (kN-m)	R _z (kN-m)
1	-0.2077	-2.0233	1.3529	-0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	11.2363	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.9100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	6.2467	0.5679	-0.0000	-0.0000	0.0000
5	-0.0000	10.6892	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	-0.0000	4.7461	-0.4315	0.0000	-0.0000	0.0000
7	0.0000	6.4625	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.2077	2.5515	-1.4994	-0.0000	-0.0000	-0.0000
Y Z						

RÉSULTANT DE 40kN EN Y ET DE 0kN EN Z
CE QUI DONNE UN ANGLE DE 0°

LE CADRE SERA DONC INCLINÉ DE 0°

CAS DE CHARGES

DONNÉES TECHIQUES:

PORTÉE: 100 MÈTRES MAX.

DISTANCE ETRE LES CABINES: 50 MÈTRES

POIDS CABINE VIDE: 28.7 KN

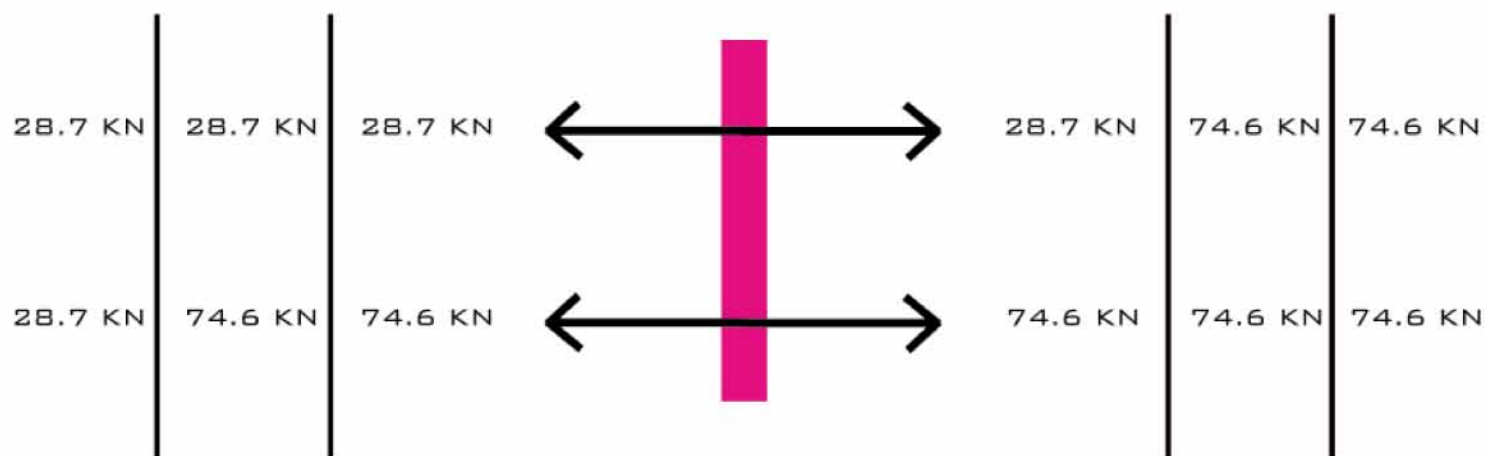
POIDS CABINE OCCUPÉE: 74.6KN

EN PLAN

PLAN SCHÉMATIQUE DU
CADRE STRUCTURAL POUR
CAS DE CHARGES ÉTUDIÉS

CAS #3 CAS #2 CAS #1

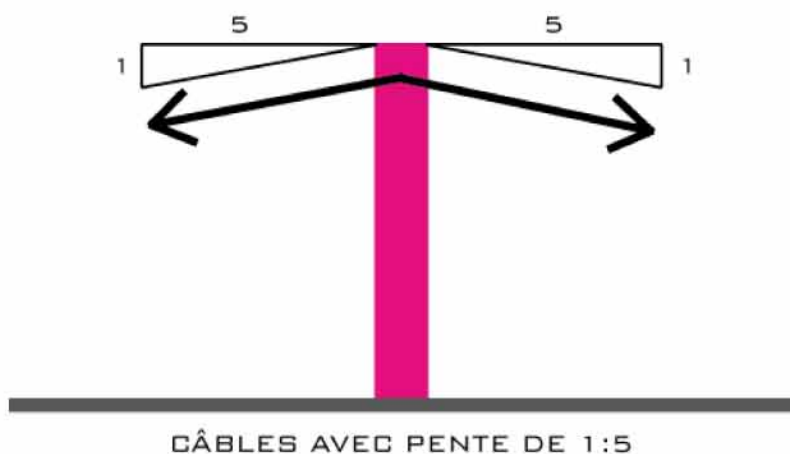
CAS #1 CAS #2 CAS #3



NOTES: LE CAS DE CHARGE #3 EST LE PLUS CONTRAIGNANT

EN ÉLÉVATION

ÉLÉVATION SCHÉMATIQUE DU
CADRE STRUCTURAL POUR CAS
DE CHARGES ÉTUDIÉS



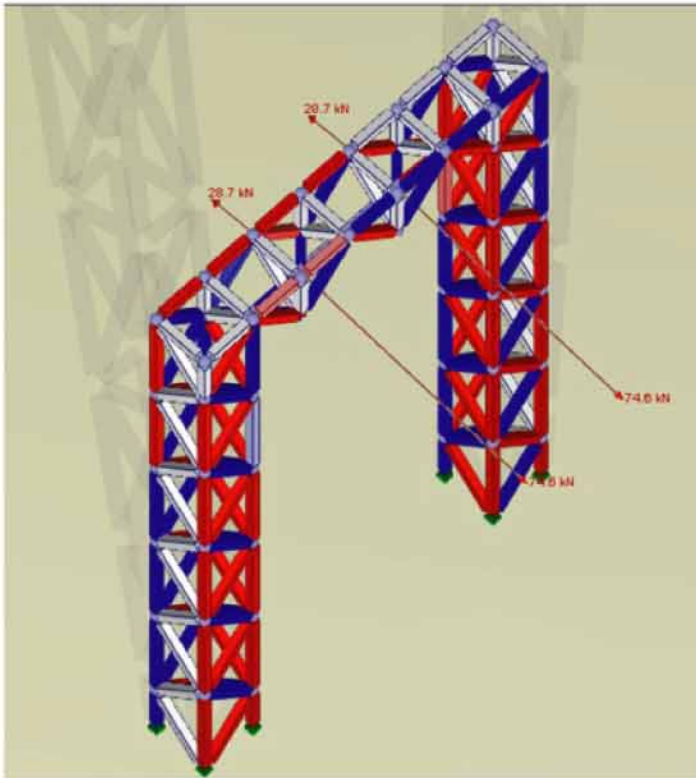
CAS DE CHARGES

MODÉLISATION AVEC 3DFRAME

TEST A:

CADRE DROIT - BOIS

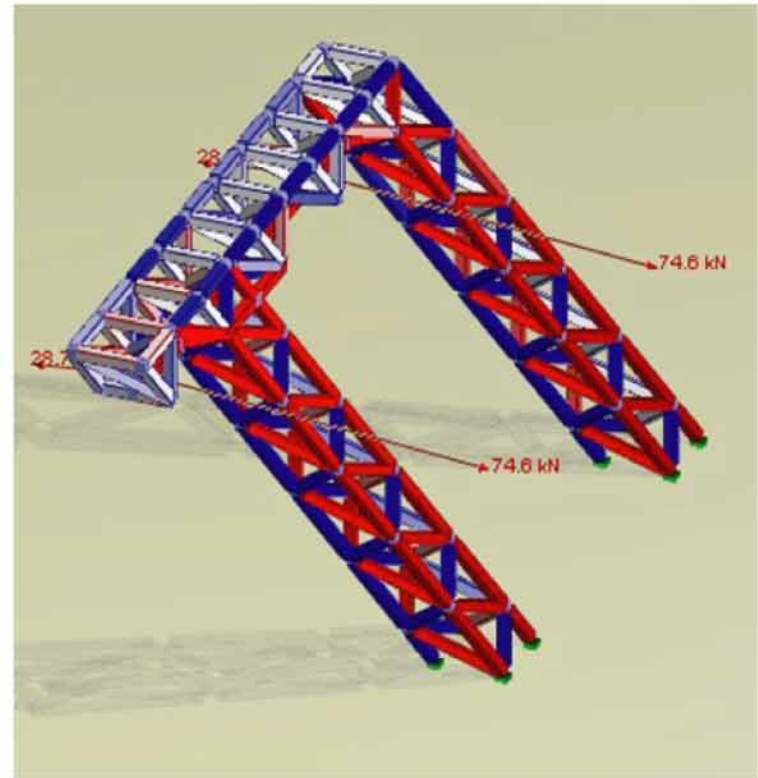
ANGLE DES CABLES EN PLAN DE 0°



TEST B:

CADRE INCLINÉ - BOIS (45°)

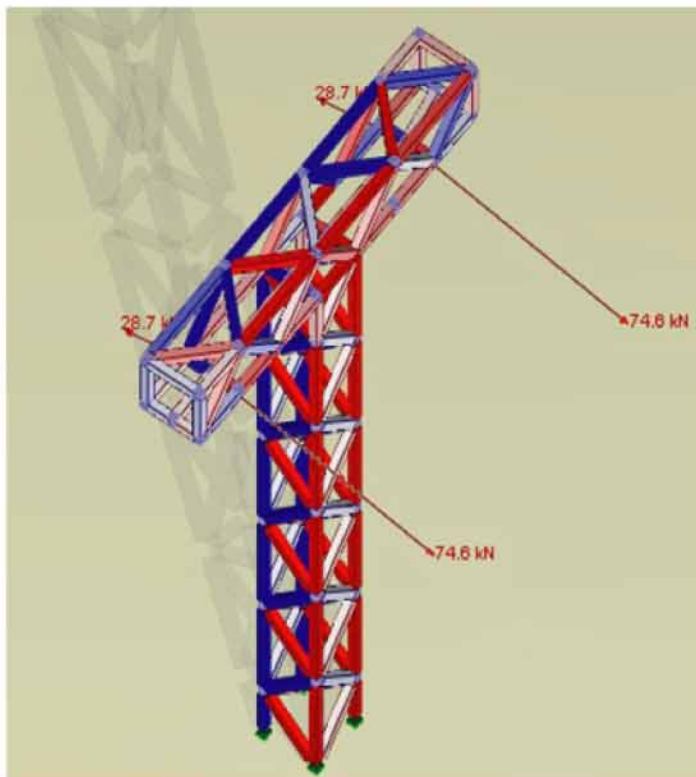
ANGLE DES CABLES EN PLAN DE 11°



TEST C:

POTEAU - BOIS

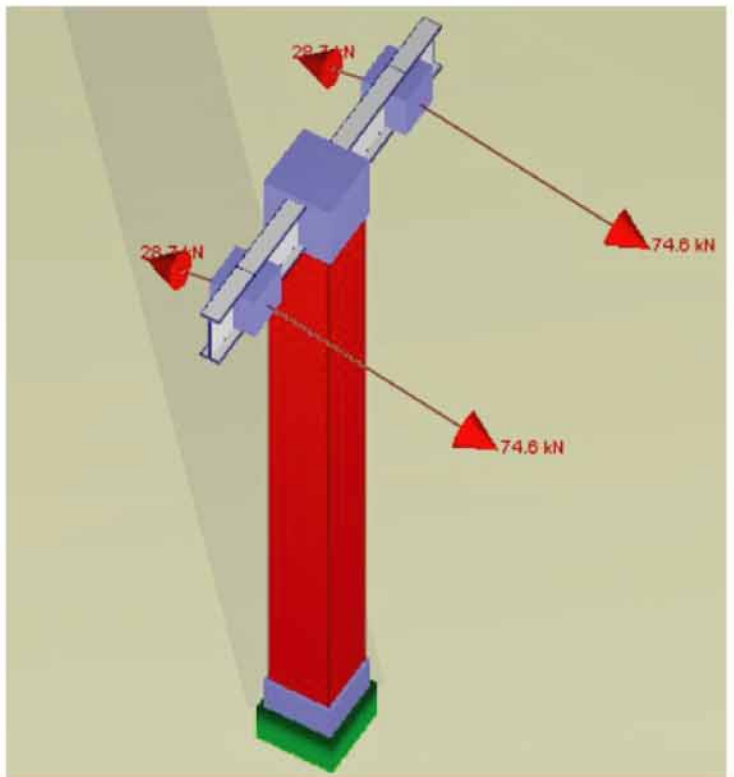
ANGLE DES CABLES EN PLAN DE 0°



TEST D:

POTEAU - ACIER

ANGLE DES CABLES EN PLAN DE 0°



Exploration des variables suivantes avec Dr. Frame3D : cas de charge, angles des charges et formes de structures différentes

Test A : cadre droit_pente de 1/5

Cas de charge #1

28.68 28.68
74.57 74.57

=====Support Reactions=====						
ID	R_x (kN)	R_y (kN)	R_z (kN)	M_x (kN-m)	M_y (kN-m)	M_z (kN-m)
1	-0.0838	-0.8163	0.5498	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	4.5330	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.3671	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	2.5201	0.2291	0.0000	0.0000	0.0000
5	-0.0000	4.3123	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	-0.0000	1.9147	-0.1741	0.0000	-0.0000	0.0000
7	0.0000	2.6071	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0838	1.0293	-0.6049	0.0000	-0.0000	-0.0000

Compression : 5.2 kn

Tension : 9.7 kn

Test A : cadre droit_pente de 1/5

Cas de charge #2

28.68 74.57
74.58 74.57

=====Support Reactions=====						
ID	R_x (kN)	R_y (kN)	R_z (kN)	M_x (kN-m)	M_y (kN-m)	M_z (kN-m)
1	-34.1819	205.1361	19.7075	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	150.8842	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	-136.5057	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	-189.5062	-17.2278	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	-33.2026	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	97.6518	-8.8774	0.0000	-0.0000	0.0000
7	0.0000	13.4488	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	-11.5864	-87.7091	6.3978	0.0000	0.0000	0.0000

Compression : 190.7 kn

Tension : 172.3 kn

Test A : cadre droit_pente de 1/5

Cas de charge #3

28.68 74.57
28.68 74.57

=====Support Reactions=====						
ID	R_x (kN)	R_y (kN)	R_z (kN)	M_x (kN-m)	M_y (kN-m)	M_z (kN-m)
1	-45.9649	292.9321	27.2468	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	191.0276	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	-148.1367	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	-286.1326	-26.0121	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	-176.7405	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	288.5336	-26.2303	0.0000	-0.0000	0.0000
7	0.0000	149.3739	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	-45.5272	-294.3179	24.9956	0.0000	0.0000	0.0000

Compression : 274.2 kn

Tension : 180.1 kn

Test B : cadre incliné 45 degrés _pente de 1/5 et 1/5**Cas de charge #1**

28.68 28.68
74.59 74.57

=====Support Reactions=====						
ID	R_x (kN)	R_y (kN)	R_z (kN)	M_x (kN-m)	M_y (kN-m)	M_z (kN-m)
1	0.0583	6.7923	6.0765	-0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	-7.5474	-7.5474	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	7.3594	7.3594	0.0000	-0.0000	-0.0000
4	0.0000	-6.5718	-7.1693	-0.0000	-0.0000	-0.0000
5	0.0000	13.7988	13.7988	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.1333	14.2621	14.4193	0.0000	-0.0000	-0.0000
7	0.0000	6.5631	6.5631	0.0000	0.0000	0.0000
8	-0.1917	5.4720	5.8461	-0.0000	-0.0000	-0.0000
Total	0	40.1284	39.3468			

Compression : 25.4 ou 23.9 kn

Tension : 21.4 ou 8.6 kn

Test B : cadre incliné 45 degrés _pente de 1/5 et 1/5**Cas de charge #2**

28.68 74.57
74.60 74.57

=====Support Reactions=====						
ID	R_x (kN)	R_y (kN)	R_z (kN)	M_x (kN-m)	M_y (kN-m)	M_z (kN-m)
1	-29.1115	156.4338	171.0198	-0.0000	0.0000	0.0000
2	-0.0000	132.3212	132.3212	0.0000	0.0000	0.0000
3	-0.0000	-145.6664	-145.6664	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	-135.4553	-147.7694	0.0000	0.0000	-0.0000
5	-0.0000	-58.8892	-58.8892	0.0000	-0.0000	-0.0000
6	5.2908	105.8454	89.9936	-0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	69.9862	69.9862	0.0000	0.0000	0.0000
8	-20.3028	-74.9053	-62.2950	-0.0000	-0.0000	-0.0000
Total	-44.1235	49.6704	48.7008			

Compression : 200.7 kn

Tension : 174.1 kn

Test B : cadre incliné 45 degrés _pente de 1/5 et 1/5**Cas de charge #3**

28.68 74.57
28.68 74.57

=====Support Reactions=====						
ID	R_x (kN)	R_y (kN)	R_z (kN)	M_x (kN-m)	M_y (kN-m)	M_z (kN-m)
1	-31.2187	146.9156	166.8921	-0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	170.7988	170.7988	0.0000	0.0000	0.0000
3	-0.0000	-143.9773	-143.9773	0.0000	-0.0000	-0.0000
4	0.0000	-162.1368	-176.8765	-0.0000	-0.0000	-0.0000
5	0.0000	-260.0999	-260.0999	0.0000	-0.0000	-0.0000
6	-61.3906	314.3306	343.2586	-0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	271.0718	271.0718	0.0000	0.0000	0.0000
8	4.3618	-296.2607	-331.2196	-0.0000	0.0000	0.0000
Total	-88.2475	40.6421	39.8480			

Compression : 398.6 kn

Tension : 208.5 kn

Test C : poteau_pente de 1/5
Cas de charge #1

28.68 28.68
74.61 74.57

=====Support Reactions=====						
ID	R_x (kN)	R_y (kN)	R_z (kN)	M_x (kN-m)	M_y (kN-m)	M_z (kN-m)
1	-0.0000	28.3586	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	-0.6412	37.1501	-0.5923	0.0000	0.0000	0.0000
3	-0.0000	-16.6686	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.6248	-8.2406	0.5923	0.0000	0.0000	0.0000

Compression : 40.6 kn
Tension : 31.4 kn

Test C : poteau_pente de 1/5
Cas de charge #2

28.68 74.57
74.62 74.57

=====Support Reactions=====						
ID	R_x (kN)	R_y (kN)	R_z (kN)	M_x (kN-m)	M_y (kN-m)	M_z (kN-m)
1	0.0000	-228.1278	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	33.1102	275.6377	-56.5516	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	244.4047	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	-78.1353	-242.3134	56.5516	0.0000	0.0000	0.0000

Compression : 252.2 kn
Tension : 220.7 kn

Test C : poteau_pente de 1/5
Cas de charge #3

28.68 74.57
28.68 74.57

=====Support Reactions=====						
ID	R_x (kN)	R_y (kN)	R_z (kN)	M_x (kN-m)	M_y (kN-m)	M_z (kN-m)
1	0.0000	-487.9956	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	-45.4594	508.3542	-0.4329	-0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	502.1115	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	-44.5642	-481.9211	0.4329	-0.0000	-0.0000	0.0000

Compression : 462.5kn
Tension : 437.8 kn

Test D : poteau acier_pente de 1/5

Cas de charge #3

28.68 74.57

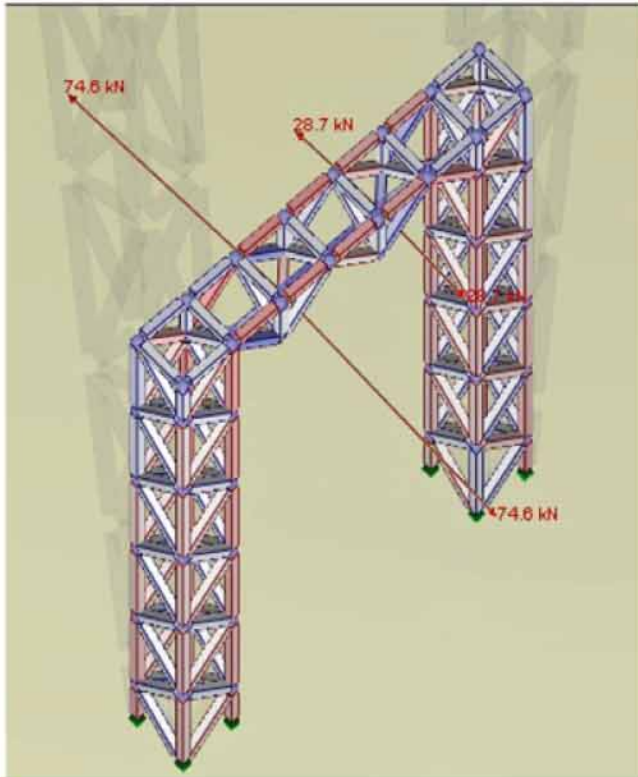
28.69 74.57

```
=====Support Reactions=====
ID      R_x (kN)    R_y (kN)    R_z (kN)    M_x (kN-m)    M_y (kN-m)    M_z (kN-m)
1      -90.0173    40.5176     0.0000     5.0647       11.2522       990.1904
=====Joint Displacements=====
ID      U_x (mm)    U_y (mm)    U_z (mm)    Theta_x (rad)    Theta_y (rad)
I38     0.000000e+00  0.000000e+00  0.000000e+00  0.000000e+00  0.000000e+00
K38     7.575340e+00 -3.962753e-03 -5.812038e-02 -1.056734e-05 -3.607622e-05
M38     1.148705e+01 -6.326065e-01 -5.812038e-02  4.767665e-04  2.951822e-03
N38     1.443887e+01 -1.109373e+00 -5.812038e-02  4.767665e-04  2.951822e-03
P38     1.332885e+01 -9.529121e-01 -5.812038e-02 -6.273492e-04 -3.817634e-03
Q38     1.714648e+01 -1.580261e+00 -5.812038e-02 -6.273492e-04 -3.817634e-03
```

ORIGINES DES APPUIS

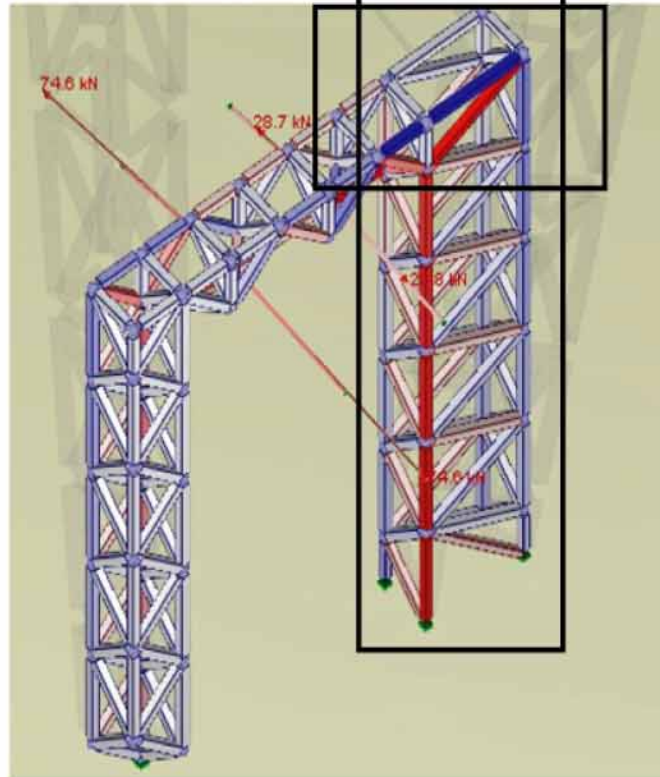
TEST A_CAS DE CHARGE #1

2 APPUIS ENCASTRÉS



EFFORT UNIFORMÉMENT RÉPARTI SUR LES DEUX APPUIS

1 APPUI ENCASTRÉ 1 APPUI PIVOT



EFFORT PLUS GRAND SUR L'APPUI ENCASTRÉ ET SUR LE JOINT
EFFORT DIMINUÉ SUR L'APPUI PIVOT

Annexe G

Comparaison de l'impact environnemental entre le bois et l'acier avec le logiciel Athena

Volume et poids pour comparaison environnementale avec Athena

Volume du bois

Cadre de 10 mètres de hauteur et de 8 mètres de largeur

Aire de la section d'un élément: $0.14\text{m} \times 0.14\text{m} = 0.0196\text{M}^2$

Longueur :
 $10\text{m} \times 8 = 80\text{m}$
 $10 \times 1.25\text{m} \times 8 = 100\text{m}$
 $8\text{m} \times 4 = 32\text{M}$
 $8 \times 1.25\text{m} \times 4 = 40\text{m}$

$80+100+32+40=252\text{m}$ de longueur

$0.14\text{m} \times 0.14\text{m} \times 252\text{m} = 4.9\text{ m}^3$

Volume total de 4.9 m³

Volume et poids de l'acier

Poteau de 10 mètres de hauteur_ poutre de 8 mètres de largeur

Poteau: D1-D2 x 10m=

D1= $3.14 \times 0.8\text{m} \times 0.8\text{m} = 2\text{m}^2$

D2 = $3.14 \times 0,75\text{m} \times 0,75\text{m} = 1.77\text{M}^2$

2 - $1.77 \times 10\text{m} = 2.3\text{m}^3$

Poutre :

Aire de la section: $(0.021 \times 0.192 \times 2) + (0.021 \times 0.840) = 0.02574\text{M}^2$

$0.02574 \times 8\text{m} = 0.2\text{m}^3$

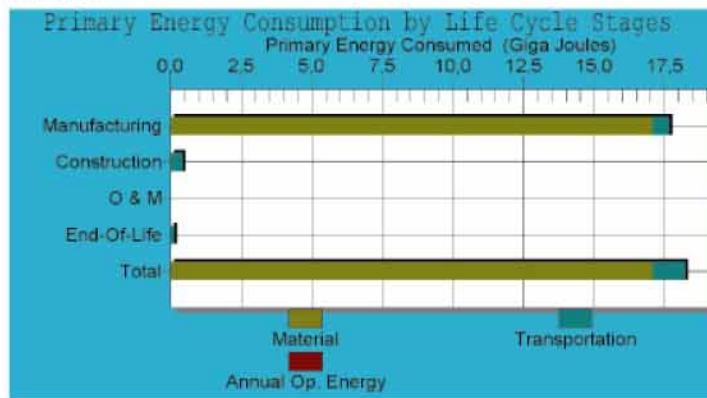
Volume total de 2.5m³

Poids total de 5 444 kg

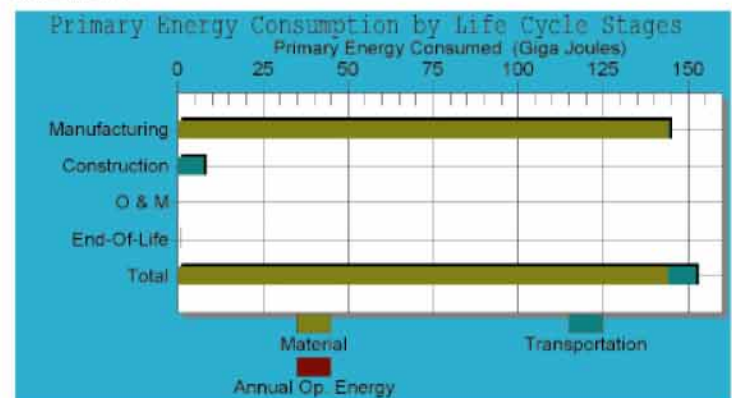
TABLEAU SYNTHÈSES D'ATHENA

ÉNERGIE PRIMAIRE CONSOMMÉE

BOIS



ACIER

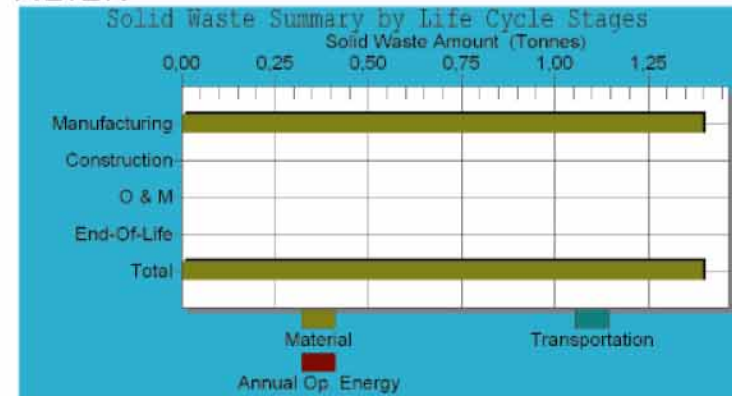


DÉCHET SOLIDE

BOIS

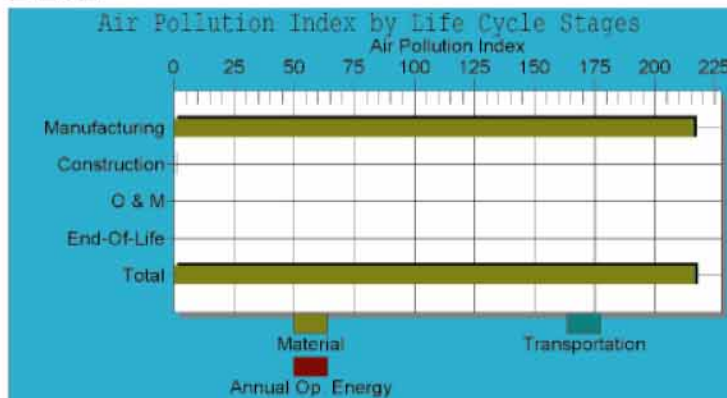


ACIER

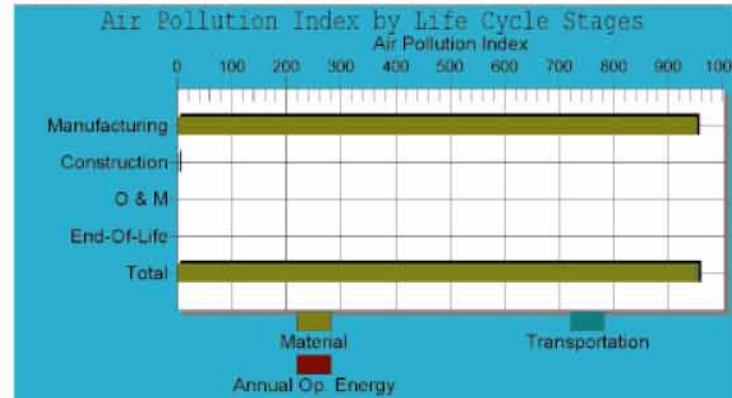


POLLUTION DE L'AIR

BOIS

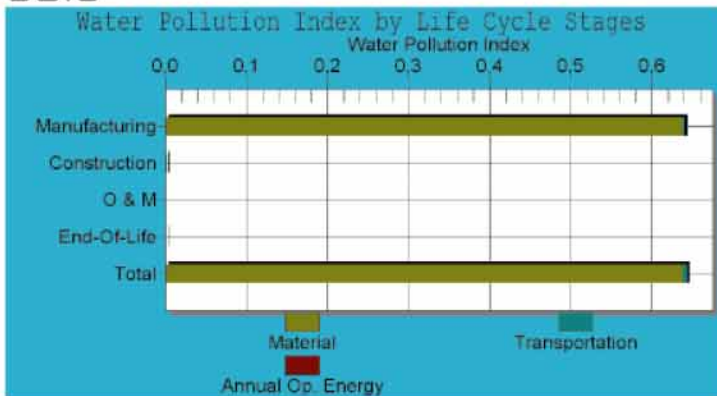


ACIER

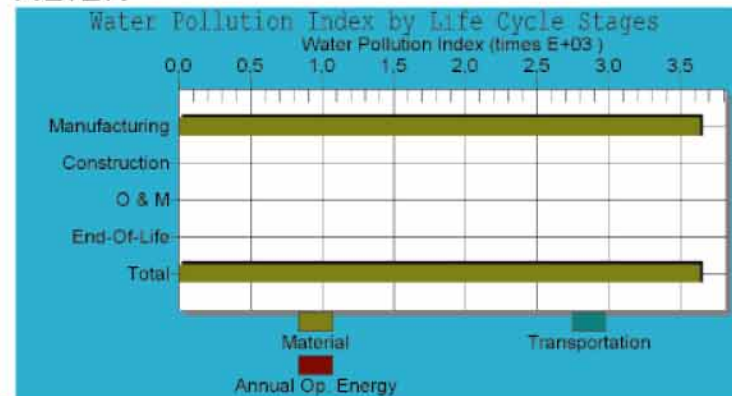


POLLUTION DE L'EAU

BOIS



ACIER



Annexe H

Programme des stations

Programme des stations du parcours #2

Station basse :

Station d'ancrage

Programme :

- Attente
- Embarquement
- Surveillance
- Billetterie

Station haute :

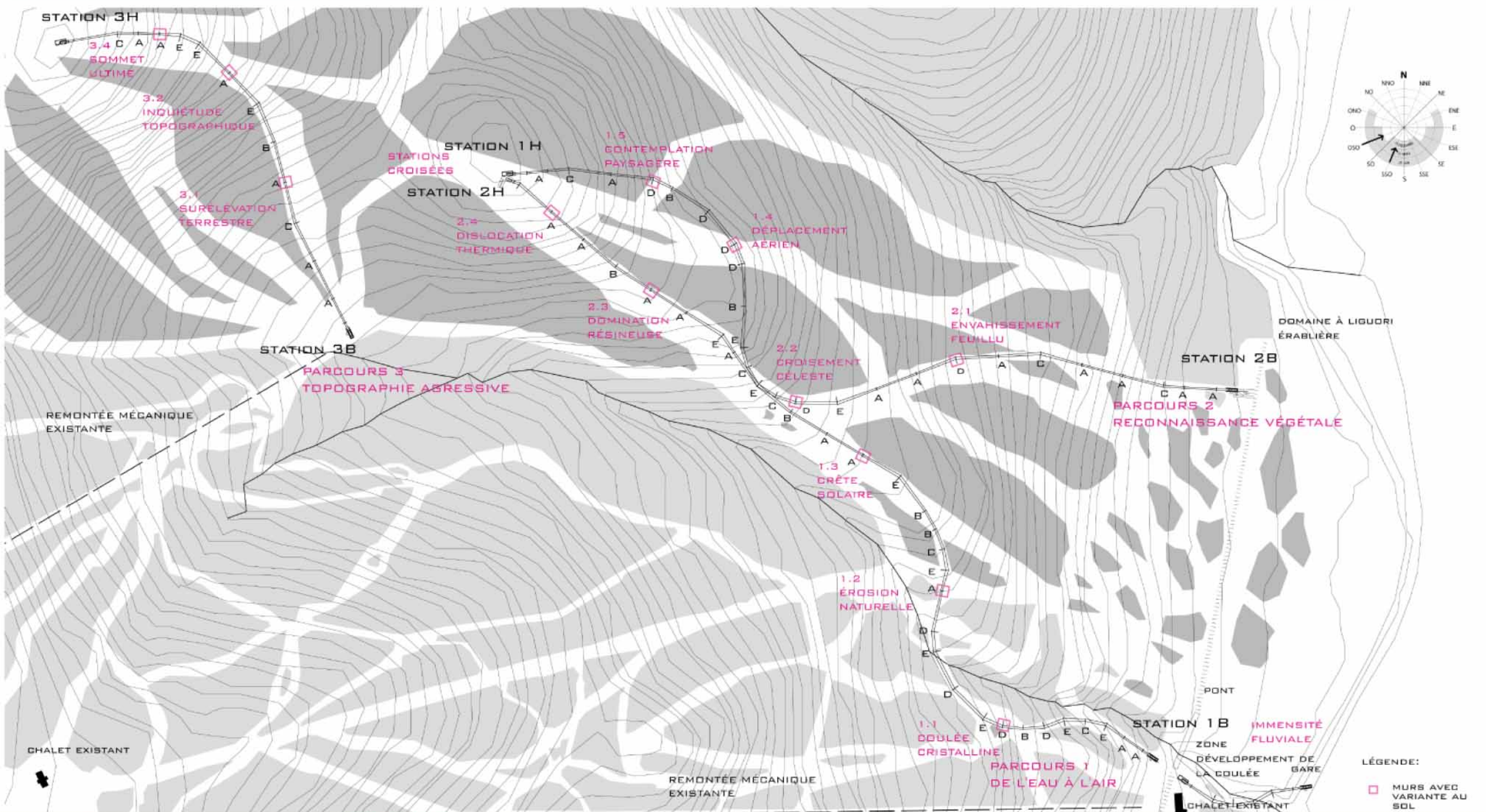
Station motrice

Programme :

- Débarquement
- Surveillance
- Café
- Terrasse
- Toilettes

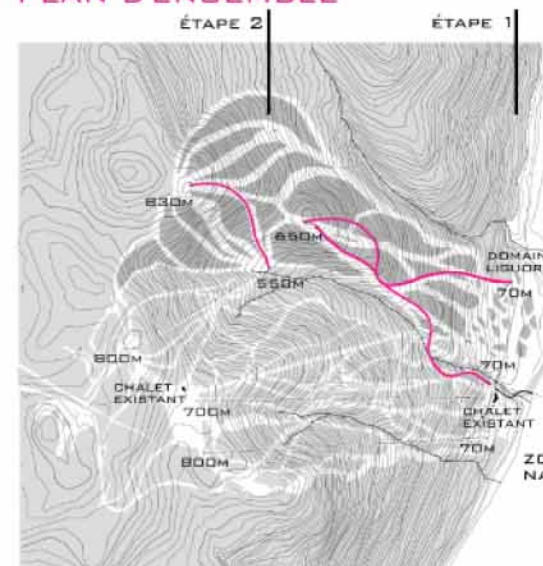
Annexe I

Planches présentées lors de la critique finale du projet



PLAN D'ENSEMBLE

AMBIANCES



CRITÈRES_PAYSAGE

FORMES :

1- LA STRUCTURE DOIT PRENDRE EN CONSIDÉRATION LES FORMES DU PAYSAGE.

- METTRE EN VALEUR LA TOPOGRAPHIE AVEC LA STRUCTURE: MURS PERPENDICULAIRES À LA PENTE
- UTILISER LES TYPES DE MATÉRIAUX PRÉSENTS DANS LE PAYSAGE: BOULEAUX, ÉPINETTE, RNEIRS
- CADRER LES VUES SUR LE PAYSAGE: CADRE STRUCTURAL
- FAVORISER LA NOTION DE REPRÉSENTATION DE CERTAINS ÉLÉMENTS DU PAYSAGE: PETITES BRANCHES DE BOIS
- DÉMONSTRER UNE CONTINUITÉ VISUELLE DU PARCOURS GRANDE ÉCHELLE: STRUCTURE EN HAUTEUR PERPENDICULAIRES AU PARCOURS

CRITÈRES_PARCOURS

1- LES STATIONS D'ATTENTE ET LES REMONTÉES MÉCANIQUES DOIVENT RENDRE LE PARCOURS DIVERTISSANT.

- FAVORISER LES VUES ET LES LIENS AVEC LA NATURE: IMPLANTATION DES CADRES PRÈS DES ARBRES
- ORIENTATION DU PARCOURS DIVERSIFIÉE
- AUGMENTER LES EFFETS DE SURPRISE DU PARCOURS: CHANGEMENT DE DIRECTION DU PARCOURS

2- L'EMPREINTE AU SOL DE LA STRUCTURE DOIT FAVORISER L'EXPÉRIENCE DE LA DESCENTE DE LA MONTAGNE TANT À PIED QU'EN SKI OU EN PLANCHE À NEIGE.

- PERMETTRE L'ARRÊT POUR S'ASSÉDIR: OFFRIRE UNE VARIANTE AU SOL À CHAQUE THÈME:
- NE PAS BLOQUER L'APPORT DE LUMIÈRE NATURELLE ET LES VUES IMPORTANTES: STRUCTURE DE BOIS AJOURÉES
- FAVORISER LA MODULATION AU SOL AVEC LA NEIGE ET LE VENT: SECTIONS PLEINES DE CONTREVENTEMENT

CADRES STRUCTURAUX_VARIANTE THÉMATIQUE



PARCOURS 3
TOPOGRAPHIE AGRESSIVE

PARCOURS 2
RECONNAISSANCE VÉGÉTALE

PARCOURS 1
DE L'EAU À L'AIR

CRITÈRES_STRUCTURE

- TECHNIQUE :
- 1- LA STRUCTURE DOIT UTILISER LE POTENTIEL DES ÉLÉMENTS PHYSIQUES NATURELS DU CONTEXTE.
 - FAVORISER UNE VÉRITÉ STRUCTURALE SELON LES FORCES DES ÉLÉMENTS PHYSIQUES NATURELS;
 - DIMENSIONNEMENT PRÉCIS
 - FORME STRUCTURALEMENT EFFICACE
 - INCLINAISON DES CADRES SELON LA RÉSULTANTE DES FORCES
 - MINIMISER L'EMPREINTE AU SOL
 - PIED-PIVOT

3.4
SOMMET ULTIME



3.2
INQUIÉTUDE TOPOGRAPHIQUE



3.1
SURÉLEVATION TERRESTRE



2.4
DISLOCATION THERMIQUE



2.3
DOMINATION RÉSINEUSE



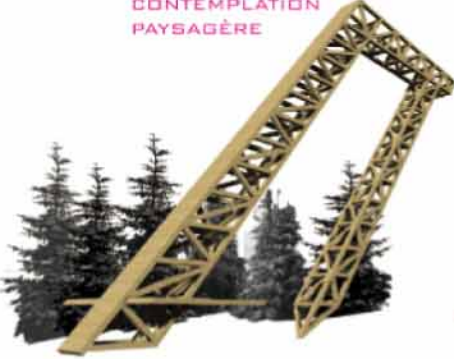
2.2
CROISEMENT CÉLESTE



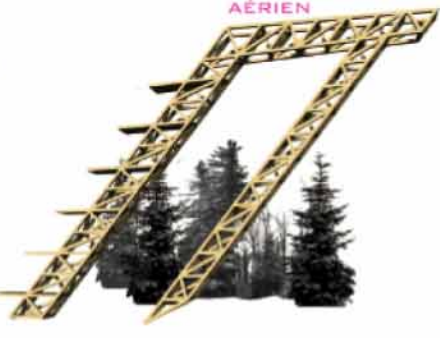
2.1
ENVAHISSEMENT FEUILLU



1.5
CONTEMPLATION PAYSAGÈRE



1.4
DÉPLACEMENT AÉRIEN



1.3
CRÊTE SOLAIRE



1.2
ÉROSION NATURELLE



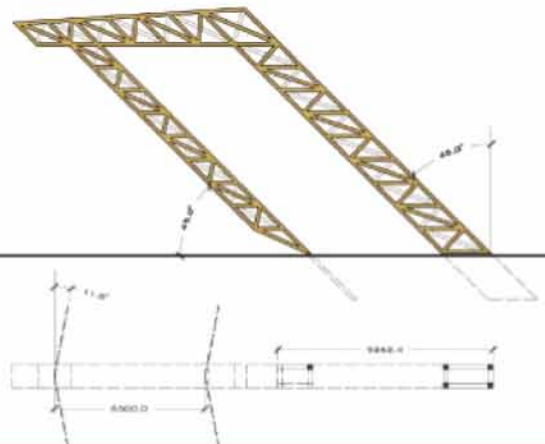
1.1
COULÉE CRISTALLINE



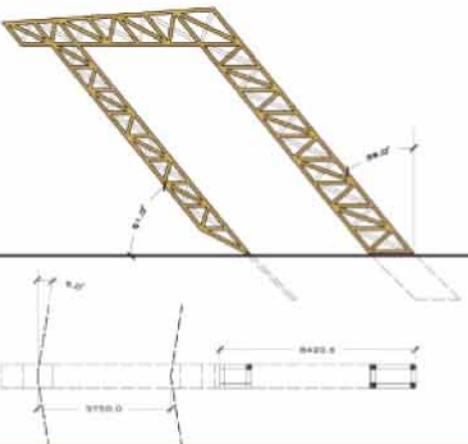
CADRES STRUCTURAUX TYPES_PLANS ET ÉLÉVATIONS

ÉCHELLE: 1:100

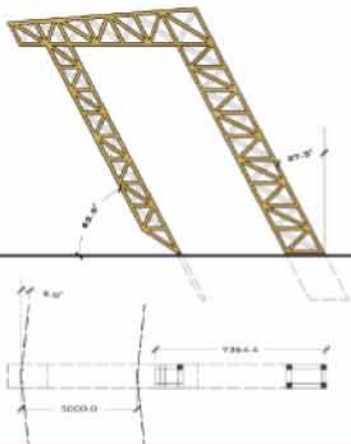
CADRE TYPE E :
INCLINAISON DE 45° (ANGLE DE 45°)
DE POUR UN ANGLE DE TRAJET DE 11°
TRAJET 1: 6 FOIS
TRAJET 2: 3 FOIS
TRAJET 3: 3 FOIS



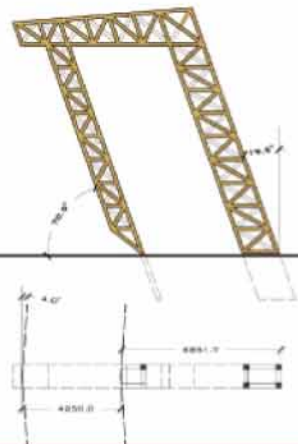
CADRE TYPE D :
INCLINAISON DE 39° (ANGLE DE 51°)
DE POUR UN ANGLE DE TRAJET DE 9°
TRAJET 1: 8 FOIS
TRAJET 2: 4 FOIS
TRAJET 3: 0 FOIS



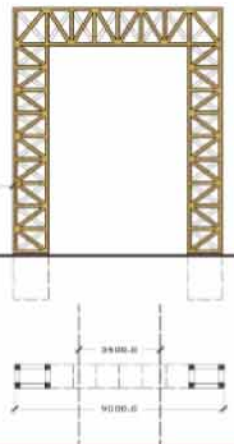
CADRE TYPE C :
INCLINAISON DE 27.5° (ANGLE DE 62.5°)
DE POUR UN ANGLE DE TRAJET DE 6°
TRAJET 1: 4 FOIS
TRAJET 2: 2 FOIS
TRAJET 3: 2 FOIS



CADRE TYPE B :
INCLINAISON DE 19.5° (ANGLE DE 70.5°)
DE POUR UN ANGLE DE TRAJET DE 4°
TRAJET 1: 6 FOIS
TRAJET 2: 1 FOIS
TRAJET 3: 1 FOIS

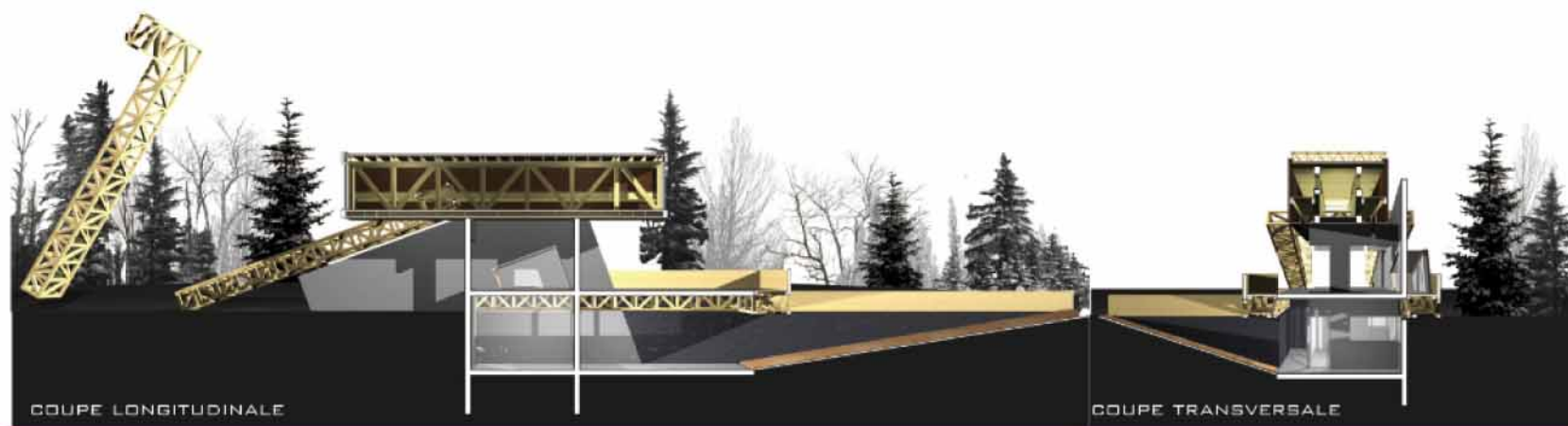


CADRE TYPE A :
INCLINAISON DE 0° (ANGLE DE 0°)
DE POUR UN ANGLE DE TRAJET DE 0°
TRAJET 1: 8 FOIS
TRAJET 2: 13 FOIS
TRAJET 3: 8 FOIS





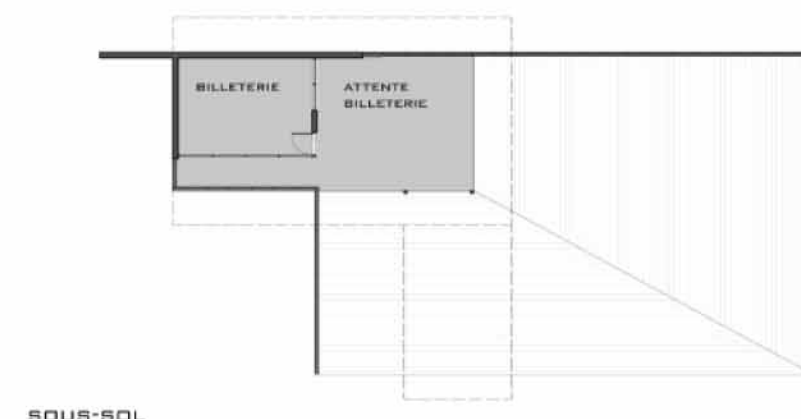
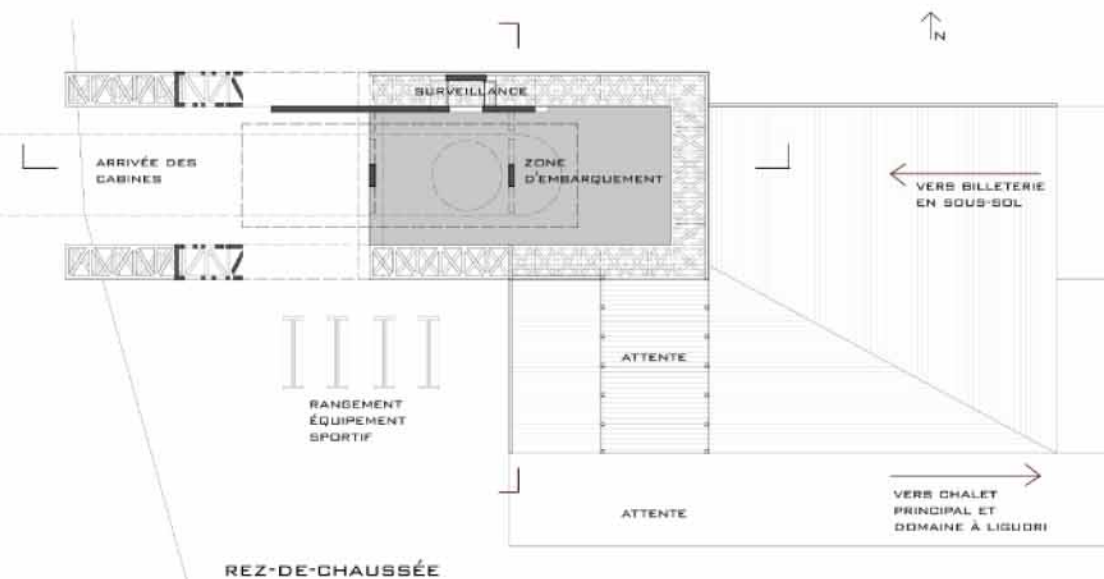
STATION BASSE_COUPES



STATION BASSE_ÉLEVATIONS



ÉCHELLE: 1:100



ÉCHELLE: 1:150

STATION HAUTE PARCOURS 1 ET 2 _ PERSPECTIVE



STATION HAUTE _ COUPES

ÉCHELLE: 1:100



STATION HAUTE _ ÉLÉVATIONS

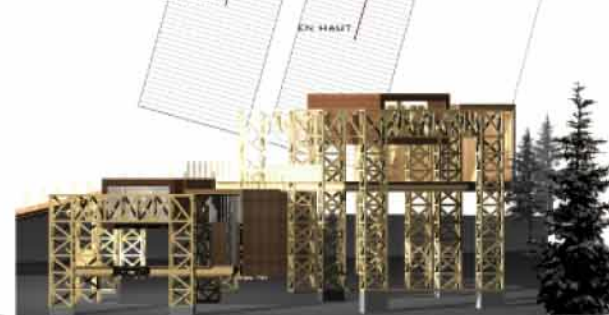
ÉCHELLE: 1:150



ÉLÉVATION OUEST



ÉLÉVATION SUD



ÉLÉVATION EST



ÉLÉVATION NORD

STATION HAUTE _ PLANS

ÉCHELLE: 1:100

